

Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům – Řídicí systém s centrální stanicí a komunikací

The integrated system in the building – Intelligent family house – Control system with a central station and communication

Bc. Alexander Minx

Diplomová práce
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Alexander MINX
Osobní číslo: A10473
Studijní program: N 3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Integrované systémy v budovách

Téma práce: Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům – Řídicí systém s centrální stanicí a komunikací

Zásady pro vypracování:

1. Studie řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.
4. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
5. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém EPS a EZS.
6. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
2. LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.
3. DANIELS, Klaus a Tomáš SUCHÁNEK. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-889-0563-X.
4. JELÍNEK, Vladimír a Tomáš SUCHÁNEK. Technická zařízení budov: podklady pro projekty : určeno pro stud. fak. stavební. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 29 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-010-0586-0.
5. MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 978-802-4723-679.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cieľom tejto práce je oboznámenie sa s problematikou návrhu integrovaných systémov, tzv. inteligentných rodinných domov, počnúc výpočtom tepelných strát, cez návrh vykurovania zahŕňajúceho ohrev pitnej vody, po návrh zabezpečovacích a protipožiarnych systémov a inteligentnej elektroinštalácie v súčinnosti s celkovým ekonomickým zhodnotením návrhu. Súčasťou návrhu je takisto možnosť využitia alternatívnych zdrojov energie. Všetky navrhnuté systémy podliehajú najnovším trendom v jednotlivých oblastiach a sú pospájané do jedného celku umožňujúceho komfortné, bezpečné a spoľahlivé bývanie a kontrolu užívateľmi domu.

Kľúčové slová: inteligentný rodinný dom, tepelné straty, plynový kondenzačný kotol, tepelné čerpadlo, solárny kolektor, vykurovanie, chladenie, KNX, EZS, EPS, SCADA

ABSTRACT

The aim of this thesis is to get familiar with questions of designing integrated systems, so called intelligent family houses, starting with heat loss calculation, through the design of heating systems including drinking water heating, to security and fire safety systems and smart wiring in collaboration with economic assessment of whole design. Possibility of using alternative energy is also a part of the design. All designed systems are liable to latest trends in each branches and are joined together into one whole allowing comfortable, safe and secure housing and controll by users of the house.

Keywords: intelligent family house, heat loss, gas condensing boiler, heat pump, solar collector, heating, cooling, KNX, ESS, FSS, SCADA

Ďakujem Ing. Martinovi Zálešákovi, CSc. za cenné rady a odborné vedenie počas tvorby tejto diplomovej práce.

PodĎakovanie patrí aj mojim rodičom za veľmi veľkú podporu počas celého môjho štúdia na vysokej škole.

Ďalej ďakujem mojej priateľke Miške za trpezlivosť, ktorú so mnou mala pri písaní tejto práce a ktorá ju neopúšťa ani pri mojej tvrdohlavosti.

Záverom ďakujem všetkým mojim priateľom a kamarátom, ktorí mi z času na čas pomohli prejsť na iné myšlienky od tých študijných. Predovšetkým Mikovi Rýzkovi za debaty pri káve.

Dimidium facti qui coepit habet: sapere aude, incipe.

Kto začal, má už polovicu hotovú: maj odvahu používať vlastný rozum, začni!

(Horácius, Listy, Kniha I, List 2)

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČASŤ	12
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ RODINNÉ DOMY	13
1.1 BUDOVY PODĽA ENERGETICKEJ NÁROČNOSTI	13
1.1.1 Nízkoenergetické domy	14
1.1.2 Pasívne domy	15
1.1.3 Nulové domy	16
1.2 ENERGETICKÁ CERTIFIKÁCIA BUDOV	16
1.2.1 Energetické hodnotenie budovy	17
1.2.2 Energetický certifikát	17
2 KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA - MIKROKLÍMA	19
2.1 TEPELNÉ PARAMETRE PROSTREDIA	19
2.1.1 Tepelná pohoda	19
2.1.1.1 Operatívna teplota	20
2.1.1.2 Rýchlosť prúdenia vzduchu	21
2.1.1.3 Relatívna vlhkosť vzduchu	21
2.1.1.4 Index PMV a PPD.....	23
2.2 HYGIENICKÉ PARAMETRE PROSTREDIA	24
2.3 SVETELNO-TECHNICKÉ PARAMETRE PROSTREDIA.....	26
2.3.1 Požiadavky na denné osvetlenie.....	26
2.3.2 Požiadavky na umelé osvetlenie	26
2.3.3 Požiadavky na združené osvetlenie.....	27
2.4 AKUSTICKÉ PARAMETRE PROSTREDIA	27
3 TVORBA MIKROKLÍMY	29
3.1 OBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE	29
3.1.1 Solárna energia.....	30
3.1.2 Veterná energia	30
3.1.3 Biomasa.....	30
3.2 NEOBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE.....	31
3.3 ZARIADENIA NA TVORBU MIKROKLÍMY	31
3.3.1 Plynový kondenzačný kotol	31
3.3.1.1 Výhrevnosť a spálne teplo	33
3.3.2 Tepelné čerpadlo	33
3.3.2.1 Princíp činnosti tepelného čerpadla	33
3.3.2.2 Výkonové číslo COP	35
3.3.2.3 Carnotova porovnávacia účinnosť (η_c)	36
3.3.2.4 Druhy najpoužívanějších tepelných čerpadiel	37
3.3.3 Solárne kolektory	38
3.3.3.1 Solárne kolektory na ohrev pitnej vody	38
3.3.3.2 Solárne kolektory na ohrev pitnej vody a podporu vykurovania.....	38
3.3.3.3 Delenie solárnych kolektorov	39
3.3.3.4 Komponenty solárnych kolektorov.....	40
3.3.4 Fotovoltaické panely	41
4 RIADENIE A KOMUNIKÁCIA	43

4.1	CHARAKTERISTIKA ZBERNICOVÝCH SYSTÉMOV	43
4.2	CENTRALIZOVANÉ A DECENTRALIZOVANÉ SYSTÉMY	44
4.3	ZBERNICOVÝ SYSTÉM EIB/KNX.....	45
4.4	PRVKY NA ZBERNICI.....	45
4.5	TOPOLOGIA	47
4.6	TYPY ZBERNICOVÝCH KÁBLOV	49
4.6.1	Typ TP1.....	49
4.6.2	Powerline PL 110.....	50
4.7	TP1 TELEGRAM.....	50
4.8	PROJEKTOVANIE S ETS	52
II	PRAKTICKÁ ČASŤ	53
5	POPIS NAVRHOVANÝCH SYSTÉMOV	54
5.1	POPIS RODINNÉHO DOMU A OKRAJOVÉ PODMIENKY	54
5.2	POPIS MIESTNOSTÍ	57
5.3	POSÚDENIE KONŠTRUKCIE OBVODOVEJ STENY BUDOVY.....	57
5.4	VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT.....	58
5.4.1	Skladba konštrukcií.....	59
5.4.2	Tepelné straty do vonkajšieho prostredia.....	61
5.4.3	Tepelné straty vetraním.....	62
5.4.4	Návrhový tepelný výkon	64
5.5	ENERGETICKÝ ŠTÍTOK OBÁLKY BUDOVY	65
5.6	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKOV	67
6	NÁVRH VYKUROVACÍCH A CHLADIACICH SYSTÉMOV.....	68
6.1	VÝBER PLYNOVÉHO KONDENZAČNÉHO KOTLA.....	68
6.2	VÝBER TEPELNÉHO ČERPADLA	68
6.3	VÝBER ZÁSOBNÍKA TÚV A AKUMULAČNEJ NÁDRŽE	70
6.3.1	Termosifónový princíp.....	71
6.4	NÁVRH SOLÁRNEHO SYSTÉMU	72
6.4.1	Použitie Drain-back systému.....	74
6.5	VYKUROVACIA SÚSTAVA	75
6.5.1	Popis hydraulickej schémy a regulácie vykurovania	77
6.5.1.1	Prepínanie medzi zimnou a letnou prevádzkou	78
6.5.1.2	Termická dezinfekcia.....	78
6.5.2	Dimenzovanie potrubia a výber čerpadla.....	78
6.5.3	Regulátor Logamatic 4323	80
6.5.3.1	Modul FM 442	81
6.5.3.2	Modul FM 443	81
6.5.3.3	Modul FM 444	81
6.5.3.4	Modul FM 446	81
6.6	DIMENZOVANIE POISTNÝCH A EXPANZNÝCH ZARIADENÍ.....	82
6.6.1	Poistné ventily	82
6.6.2	Expanzné nádoby	83

6.7	NÁVRH PODLAHOVÉHO KÚRENIA	85
6.8	PODLAHOVÉ CHLADENIE	90
6.9	NÁVRH DOPLNKOVÝCH VYKUROVACÍCH TELIES	90
6.9.1	Návrh vykurovacích telies v kúpeľniach.....	91
6.9.2	Návrh podlahových konvektorov	93
6.10	STROPNÉ CHLADENIE	94
6.11	ROZDELOVAČE	95
6.12	VYKUROVACIE SYSTÉMY – ZHRNUTIE	97
7	NÁVRH ELEKTROINŠTALÁCIE.....	100
7.1	PRÍPOJKA NN	100
7.2	NÁVRH ZÁSUVKOVÝCH OBVODOV	102
7.3	NÁVRH KÚPEĽŇOVÝCH OBVODOV	103
7.4	NÁVRH SVETELNÝCH OBVODOV	104
8	INTELEKTNÁ ELEKTROINŠTALÁCIA	108
8.1	ROZVODY LÍNIE	108
8.2	OSVETLENIE	109
8.3	ŽALÚZIE	110
8.4	SCÉNY	111
8.5	ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM.....	112
8.6	ELEKTRONICKÁ POŽIARNA SIGNALIZÁCIA	114
8.7	DOPLNKOVÉ BEZPEČNOSTNÉ PRVKY	115
8.8	OVLÁDACÍ PANEL.....	115
8.9	OVLÁDANIE PROSTREDNÍCTVOM PC A MOBILNÉHO TELEFÓNU	120
8.9.1	SCADA systém na PC a mobilných zariadeniach	120
8.10	NADVÄZNOŠŤ NA MANAŽMENT BUDOV	123
9	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE	124
9.1	NÁKLADY NA VYKRYTIE TEPELNEJ POTREBY	124
9.1.1	Náklady na zariadenia	125
9.1.2	Alternatíva k navrhovanému systému	126
9.2	NÁKLADY NA INTELEKTNÚ ELEKTROINŠTALÁCIU	127
9.3	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE FOTOVOLTAICKÝCH PANELOV.....	128
9.3.1	Výkupné tarify	128
9.3.2	Náklady na fotovoltaický systém	129
9.4	CELKOVÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE NAVRHOVANÝCH SYSTÉMOV	130
	ZÁVER	131
	ZÁVER V ANGLIČTINE.....	133
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	135
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	139
	ZOZNAM OBRÁZKOV	141
	ZOZNAM TABULIEK	143
	ZOZNAM PRÍLOH.....	144

ÚVOD

Neustále sa zvyšujúcim nárokom na komfort bývania a bezpečnosť, či požiadavkám na čo najnižšie spotreby energií, môže vyhovieť len rodinný dom od základu navrhnutý ako inteligentný.

Tento pojem vznikol okolo roku 1982 kedy sa zavádzala do vtedajších budov automatizácia. Neskôr už dokázali budovy reagovať aj na mesiace sa potreby užívateľov a v súčasnosti sú už schopné tieto potreby efektívne uspokojiť.

Využívaním najmodernejších stavebných materiálov a stavebných postupov je možné zabezpečiť maximalizovanie úspor spojených s prevádzkou budovy, kedy bude budova presne šitá na mieru prostrediu, v ktorom bude postavená. Musí flexibilne reagovať na každú zmenu okolitého prostredia a k tomu jej dopomáhajú nové materiály s veľmi dobrými tepelnoizolačnými vlastnosťami.

Ďalším predpokladom pre čo najnižšie prevádzkové náklady je využívanie obnoviteľných zdrojov energie v najvyššej možnej miere. So stále populárnejším využívaním týchto technológií narastá konkurencia medzi výrobcami, ktorá v pozitívnom zmysle slova vplýva na znižovanie cien konečných zariadení a tým aj k ich masovejšiemu rozšíreniu. Ďalším faktorom, ktorý vplýva na rozširovanie zariadení využívajúcich obnoviteľné zdroje energie je znižujúca sa zásoba fosílnych palív vo svete a narastajúca produkcia oxidu uhličitého do vzduchu.

Pri nízkoenergetických domoch málokedy postačuje na vykrytie tepelnej spotreby rodinného domu len zariadené využívajúce obnoviteľný zdroj energie, či už solárne kolektory alebo tepelné čerpadlo, pri zachovaní rozumných investičných nákladov. To je skôr doména pasívnych, či nulových domov, ktoré sú technologicky ešte viac vpredu. Preto sa do výroby teplej vody zaraďuje aj konvenčný zdroj tepla, ako napríklad kotol na zemný plyn, či tuhé palivo.

Ak by navrhnuté systémy samé o sebe fungovali bez problémov, je veľmi pravdepodobné, že by postupom času mohlo dochádzať k neefektívnemu využívaniu energetických zdrojov a spolupráca týchto systémov by sa docieľovala len veľmi ťažko. Preto sa jednotlivé malé celky spájajú do jediného - unifikovaného, ktorý umožní ich riadenie, reguláciu a komunikáciu medzi nimi. Tým sa docieľi kýžené zaradenie medzi inteligentné domy a užívateľ môže mať široký prehľad o tom, čo sa práve s domom,

prípadne v dome, deje. Spojenie týchto malých celkov do jedného veľkou mierou prispieva k zvýšeniu užívateľského komfortu a to tak, že aj osobe bez podrobnejších znalostí existujúceho systému v dome, zabezpečí, jednoduchou zmenou parametrov na displeji (napríklad zmenu teploty v izbe), všetky potrebné kroky k tomu, aby bola táto zmena vykonaná automaticky a transparentne.

Na nasledujúcich riadkoch je popísaný postup návrhu inteligentného rodinného domu, ktorý sa zakladá na reálnom projekte. Návrh prejde od teoretickej prípravy k praktickej aplikácii poznatkov, ktoré budú do hĺbky rozobrané a jednoducho znázornené. Všetky vyššie popísané predpoklady budú naň aplikované, aby mohol byť považovaný za inteligentný rodinný dom. Avšak toto je len jedno riešenie z nepreberného množstva iných možných alternatív založených na rôznorodých systémoch. V prípade potreby nebude nič brániť ďalšiemu funkčnému rozšíreniu návrhu.

Vo výsledku sa jednotlivé inteligentné domy vzhľadom na veľký výber rôznych technológií od rôznych výrobcov od seba odlišujú. Princíp však vždy zostane rovnaký – zachovanie čo najnižších nákladov na prevádzku a čo najvyššieho komfortu bývania.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ RODINNÉ DOMY

Klasifikovanie rodinných domov na „bežný“, „nízkoenergetický“ a „pasívny“ je ovplyvnené celkovou energetickou spotrebou domu, ktorá sa uvádza v kWh za určitú časovú jednotku, spravidla hodinu - kWh. Výšku spotreby ovplyvňujú náklady na:

- vykurovanie
- ohrev vody
- celkové vnútorné vybavenie domu

Okrem týchto základných energetických výdavkov ovplyvňujú spotrebu aj materiály použité pri výstavbe domu, izolácia, tepelné mosty, spôsob odvetrávania a pod. [8]

1.1 Budovy podľa energetickej náročnosti

Z hľadiska ročnej spotreby energie v kWh na vykurovanie (energetickej náročnosti) možno domy rozdeliť nasledovne (Tab.1 a Tab.2).

Tab. 1. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti

Typ stavby	Spotreba za rok [kWh/m ²]	Úspora vzniká použitím
Štandardný rodinný dom (použitie klasických stavebných materiálov)	100 - 300 kWh/m ²	
Energeticky úsporný dom	max. 70 kWh/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - zvýšenie tepelnoizolačných hodnôt obvodových konštrukcií a ich stykov - využitie úsporného konvenčného vykurovacieho systému (radiátory) - využitie solárnych prvkov
Nízkoenergetický dom	max. 50 kWh/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - použitie kvalitnej masívnej tepelnej izolácie obvodového plášťa - využitie mechanického regulovaného vetrania s rekuperáciou tepla - využitie nízkoteplotného vykurovania - využitie solárnych prvkov

Tab. 2. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti - pokračovanie

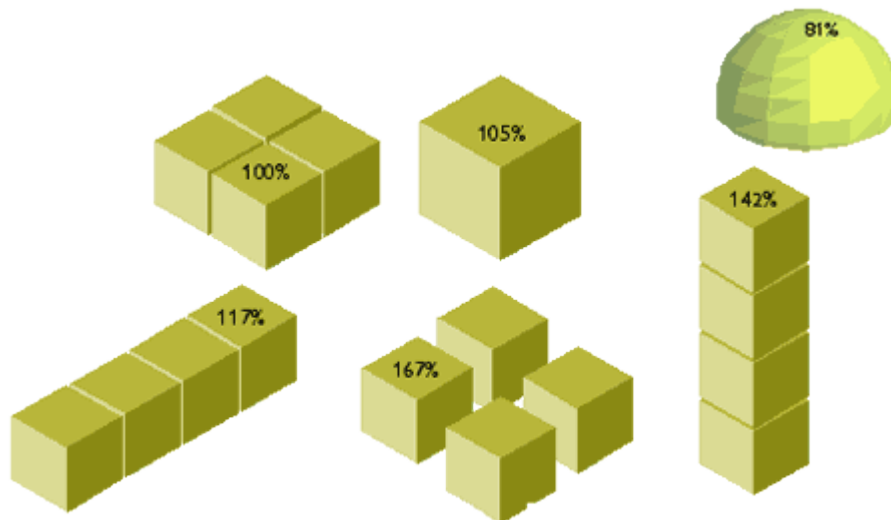
Typ stavby	Spotreba za rok [kWh/m ²]	Úspora vzniká použitím
Pasívny dom	max. 15 kWh/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - dokonalý tepelnoizolačný obal domu - vzduchotesnosť obalu domu - využitie mechanického vetrania s rekuperáciou tepla - bez konvenčného vykurovania - využitie solárnych prvkov nie je nevyhnutnou podmienkou
Dom s nulovou spotrebou energie	max. 5kWh/m ²	
Plusový dom	vyprodukuje energie viac ako sám spotrebuje	

1.1.1 Nízkoenergetické domy

Nízkoenergetický dom je stavba, ktorá je skonštruovaná tak, aby sa pri nej dosiahli čo najnižšie náklady za energetickú prevádzku. Nejde však len o hrubú stavbu a použité príslušné materiály, ale aj o ďalšie prvky a technológie, ktoré zvyšujú využiteľnosť stavby na maximum. Oproti bežnej stavbe ide priemerne až o 75 % menšiu spotrebu. [8]

Norma ČSN 73 0540 [29] uvádza nízkoenergetické domy ako budovy s ročnou mernou potrebou tepla na vykurovanie nepresahujúcu 50 kWh/m² podlahovej plochy ročne, vrátane využitia veľmi účinnej vykurovacej sústavy.

Pri návrhu tvaru domu vychádzame z podmienky zabezpečenia požadovaného objemu pri čo najnižšom povrchu stavby (optimálny tvar je guľa, resp. pologuľa). Kompaktná, málo členitá stavba s malým počtom zalomení, výstupkov, ník, vikierov alebo balkónov, má pri rovnakom objeme pri menšej vonkajšej ploche aj menšie straty prestupom tepla. Pri dobre izolovaných domoch je vplyv tvaru budovy veľmi malý, ale táto požiadavka je dôležitá aj z hľadiska snahy o čo najnižší počet kritických miest potenciálnych tepelných mostov. [3][8]



Obr. 1. Vplyv tvaru objektu s rovnakým objemom na tepelné straty

Dôležité je premyslieť si umiestnenie nízkoenergetického domu, pretože už to dokáže ovplyvniť jeho vlastnosti. Pri výbere pozemku i lokality treba dbať na možnú orientáciu a oslnenie. Dôležitým aspektom je smerovanie svahu na slnečnú stranu a aj samotná poloha domu na svahu. Južné a nižšie položené chránené plochy sa vyznačujú vyššou teplotou ako tie v dolinách a na vrcholoch kopcov. Južne orientované okná jednotlivých miestností sú najlepším riešením. Správna orientácia domu dokáže ušetriť až 15 – 20 % energií za vykurovanie. [3][8]

1.1.2 Pasívne domy

Pasívny dom je dom, ktorý je energeticky úspornejší ako nízkoenergetický dom. V zime aj v lete poskytuje vysokú kvalitu vnútorného prostredia a súčasne umožňuje výrazne znížiť spotrebu energie na vykurovanie a prevádzku vôbec. Nepotrebuje konvenčné vykurovanie či klimatizáciu a svojou úspornosťou šetrí aj prírodné zdroje.

Je to stavba s ročnou potrebou tepla na kúrenie desaťkrát menšou než majú bežné stavby, teda do 15 kWh na m² úžitkovej plochy za rok. Zároveň spĺňa niekoľko ďalších kritérií:

- tesnosť $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$
- potreba primárnej energie $< 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (vrátane domácich spotrebičov a vybavenia)

Pasívne (ohrevom cez okná) a prípadne aj aktívne (kolektormi) využíva slnečnú energiu, má vetrací systém so spätným získavaním tepla a veľmi dobré izolácie. Súčiniteľ prestupu tepla, U , nepriehľadných konštrukcií je približne 0,1 a u okien do 0,8 W/(m².K).

Pri nevelkom zvýšení investičných nákladov mnohonásobne znižuje náklady na prevádzku domu, šetrí neobnoviteľné zdroje a redukuje emisie CO₂, zároveň zvyšuje komfort bývania, zabezpečuje letnú tepelnú pohodu bez potreby klimatizácie a na vykurovanie nepotrebuje konvenčný vykurovací systém – využíva solárne aj vnútorné tepelné zisky, zvyšok tepla je možné priviesť vetraním. [9]

1.1.3 Nulové domy

Nulový dom je taký dom, ktorého potreba tepla pre vykurovanie sa blíži nule, konkrétne je menšia než 5 kWh/m² za rok. Je ešte menej náročný na energie ako nízkoenergetický či pasívny dom.

Nulovej potreby energie nie je väčšinou dosiahnuté pomocou tepelnej izolácie, ale využívaním moderných technológií - napríklad solárnych panelov, ktoré vyrábajú energiu. Bežnou súčasťou nulových domov sú fotovoltaičné panely, ktoré vyrábajú elektrickú energiu, resp. solárne kolektory, ktoré nájdu využitie pri ohreve vody, prípadne pri prikurovaní. Pokiaľ solárne panely vyrobia viac energie, než je nulový dom schopný spotrebovať, býva označený ako aktívny, či plusový dom.

Nulové domy sa v súčasnosti vzhľadom k technologickej a finančnej náročnosti stavajú predovšetkým ako experimentálne stavby. [22]

1.2 Energetická certifikácia budov

Energetická certifikácia budov (ECB) je súbor postupov a opatrení na zlepšenie energetickej hospodárnosti budov s cieľom optimalizovať vnútorné prostredie v budovách a znížiť emisie oxidu uhličitého z prevádzky budov. [20]

Každý majiteľ budovy, ktorej sa certifikácia týka má povinnosť vykonať energetickú certifikáciu. Výsledkom ECB je certifikát budovy, správa o certifikácii a energetický štítok umiestnený v priestore budovy na prístupnom mieste. [20]

Budovy, ktoré je potrebné certifikovať:

- všetky novostavby, ktorých kolaudačné konanie začalo po 1. januári 2008,
- všetky budovy, ktoré sa budú predávať, prenajímať (netýka sa prenájmu jednotlivých bytov v bytovom dome, ktorý vlastní jednotlivými vlastníci),
- všetky budovy, na ktorých sa robila významná obnova (zateplenie obvodového a strešného plášťa, výmena otvorových výplní alebo energetického vybavenia budovy) a ktorá má vplyv na energetické hospodárstvo budovy

1.2.1 Energetické hodnotenie budovy

Rozlišuje sa:

- **projektové hodnotenie** – na základe projektovej dokumentácie a projektovaných ukazovateľov budovy (používa sa vo fáze navrhovania a projektovania stavby),
- **normalizované hodnotenie** – vykonáva sa na základe normalizovaných vstupných údajov o vonkajšom prostredí (klíma, slnečné žiarenie, veternosť...), vnútornom prostredí (teplota, vlhkosť...) a na základe skutočných vlastností stavebných konštrukcií, technického a energetického vybavenia budovy (používa sa v energetickej certifikácii)
- **prevádzkové hodnotenie** – hodnotenie skutočného stavu a prevádzky budovy (používa sa v energetickej certifikácii)
- **upravené hodnotenie** – obsahuje návrh opatrení na zlepšenie energetickej hospodárnosti budovy

1.2.2 Energetický certifikát

Na štítku certifikovanej budovy sa šípkou na škále vyznačí, do akej kategórie budova spadá na základe globálneho ukazovateľa – spotreby energie v kWh/m² za rok). Okrem toho osobitne obsahuje aj údaje o jednotlivých miestach spotreby energie, emisiách CO₂ a spotrebe primárnej energie.

Energetických tried je sedem - od A po G. Budova, ktorá dostane ohodnotenie A je na tom z hľadiska spotreby najlepšie (v skutočnosti sú v triede A energeticky pasívne

domy a v triede B nízkoenergetické domy) a budova, ktorá dostane ohodnotenie G, najhoršie. [20]

Energetický certifikát budovy

vydaný podľa zákona č. 556/2005 Z. z.
o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
č. / 20 .. / ... 120 .. / ECB

Názov budovy: _____		Parc. č.: _____	
Ulica, číslo: _____		Obec: _____	
Účel spracovania energetického certifikátu:			
Nová budova <input type="checkbox"/> Významná obnova <input type="checkbox"/> Predaj <input type="checkbox"/> Prenájom <input type="checkbox"/> Iný účel <input type="checkbox"/>			
foto	ENERGETICKÝ CERTIFIKÁT BUDOVY	Kategória budovy: Globálny ukazovateľ: Celková dodaná energia kWh/(m ² .a) Nízka potreba energie A B C D E F G Vysoká potreba energie Normalizované hodnotenie: <input type="checkbox"/> Prevádzkové hodnotenie: <input type="checkbox"/> Minimálna požiadavka R _f : _____ Typická budova R _s : _____	Aktuálny stav B
Celková podlahová plocha: _____ m ²			
Hodnotenie jednotlivých miest spotreby			
Vykurovanie: A B C D E F G Príprava teplej vody: A B C D E F G Vetranie/klimatizácia: A B C D E F G Osvetlenie: A B C D E F G			
Primárna energia Budova xx kWh/(m ² .a) 0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 >550 Požadavka na rodinné domy ≤ 160 kWh/(m ² .a)			
CO₂ emisie Budova xx kg/(m ² .a) 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 >110			
Prehľad navrhovaných opatrení: Obvodový púšť: _____ Strecha: _____ Podlaha: _____ Okná: _____ Vykurovací systém: _____ Príprava teplej vody: _____ Vetranie/klimatizácia: _____ Osvetlenie: _____ Iné: _____			
Dátum vyhotovenia: Meno a priezvisko osoby s odbornou spôsobilosťou: _____ Kontakt: _____ e-mail: _____ IČO: _____		Platnosť najviac do: Podpis: _____ DČ: _____	

Obr. 2. Energetický certifikát budovy

2 KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA - MIKROKLÍMA

Vnútorná mikroklíma v budovách má veľký vplyv na zdravie a pohodu človeka. Preto je nutné zaistiť základné požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia. [6] Základné parametre, ktorými je táto mikroklíma ovplyvnená sú:

- tepelné parametre
- hygienické parametre
- svetelno-technické parametre
- akustické parametre

V tabuľke (Tab. 3) sú uvedené optimálne podmienky pre obytné priestory v súlade s normou ČSN EN 15251. [35]

Tab. 3. Optimálne podmienky pre obytné priestory

Veličina	Zima	Leto
Operatívna teplota	20 až 24 °C	23 až 26 °C
Rozdiel teploty vzduchu v mieste hlavy a končatín	< 3 K	< 3 K
Teplota podlahy	19 až 26 °C	-
Povrchová teplota podlahového kúrenia	29 °C	-
Stredná rýchlosť prúdenia vzduchu	0,13 – 0,20 m/s	0,16 – 0,25 m/s
Relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu	30 až 70 %	30 až 70 %

2.1 Tepelné parametre prostredia

2.1.1 Tepelná pohoda

Ľudské telo neprestajne produkuje teplo, ktoré odovzdáva do okolia. Stav, kedy prostredie ľudskému telu odoberá toľko tepla, koľko práve produkuje, sa označuje ako tepelná rovnováha. Teplo, ktoré človek vydáva do okolia, závisí na teplotnom spáde, tj. na rozdieli teplôt medzi povrchom tela a teplotou okolia. Teplo sa v tele rozvádza z veľkej časti prúdením krvi. V prípade, že je prostredie priveľmi chladné a odoberá telu viac tepla, než produkuje, nastáva podchladenie. Organizmus sa tomu bráni fyzikálnou termoreguláciou, tzn. obmedzením prietoku krvi do periférnych častí tela (končatiny, nos, uši), ktoré tak pomocou zníženia svojej povrchovej teploty znížia výdaj tepla do okolia.

Tepelná pohoda je pocit spokojnosti, kedy človek v obytnom priestore nepocití uje ani nadmerné teplo, ani chlad. Na jej zabezpečenie je potrebné vytvoriť rovnováhu medzi

množstvom tepla vyprodukovaným ľudským organizmom a jeho odvedením do okolitého prostredia (bez nepríjemných pocitov - potenia sa, resp. pocitu chladu).

Teplota prostredia pre ľudské činnosti:

- pri odpočinku 19 – 22 °C
- ľahká fyzická práca 18 – 20 °C
- stredne ťažká fyzická práca 14 – 17 °C
- ťažká fyzická práca 10 – 15 °C

Optimálna teplota vnútorného vzduchu je pre oblečeného človeka $21,5 \pm 2^\circ\text{C}$ v zimnom období. Teplota okolitých plôch (stien, stropu, okien a pod.) nemá byť nižšia než o 2°C . V letnom období sa táto hodnota pohybuje $26 \pm 2^\circ\text{C}$, je závislá hlavne na teplote vo vonkajšom prostredí, pretože človek vníma teplotu relatívne. Pokiaľ je v budove o $4\text{--}6^\circ\text{C}$ chladnejšie než vo vonkajšom prostredí, je to optimálne z hľadiska pocitu príjemného prostredia a zároveň tento rozdiel nie je rizikový z hľadiska ochorenia prechladnutím, ktoré je príznačné pre „preklimatizované“ budovy. Rýchlosť prúdenia vzduchu by nemala prekročiť $0,1\text{ m/s}$. [35][6]

Faktory, ktoré ovplyvňujú podmienky pre dosiahnutie tepelnej pohody:

- subjektívne – sú závislé na vlastnostiach človeka (telesný a psychický stav, vek, schopnosť aklimatizácie a pod.)
- objektívne – štyri veličiny, ktoré sú merateľné a ovplyvniteľné technickými prostriedkami:
 - teplota vzduchu
 - vlhkosť vzduchu
 - rýchlosť prúdenia vzduchu
 - teplota okolitých stien či predmetov

2.1.1.1 Operatívna teplota

Je to vypočítaná hodnota a je definovaná ako jednotná teplota uzatvoreného priestoru (priestoru s rovnakou teplotou vzduchu a rovnakej strednej radiačnej teplote), čierneho z hľadiska radiácie, v ktorom by ľudské telo zdieľalo konvekciou aj sálaním rovnaké množstvo tepla ako v skutočnom, teplotne nesúrodnom prostredí.

Operatívna teplota sa vypočíta podľa vzťahu

$$\theta_o = \theta_r + A \cdot (\theta_a - \theta_r) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

θ_o – operatívna teplota [$^\circ\text{C}$]

A – funkcia relatívnej rýchlosti prúdenia vzduchu v_{ar} [m/s] podľa tabuľky (Tab. 4)

θ_a – teplota vzduchu [$^\circ\text{C}$]

θ_r – stredná radiačná teplota [$^\circ\text{C}$]

Tab. 4. Závislosť koeficientu A na rýchlosti prúdenia vzduchu

v_{ar} [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0
A	0,50	0,60	0,65	0,70	1,00

Pri rýchlostiach prúdenia vzduchu menších ako 0,2 m/s je možné operatívnu teplotu nahradiť výslednou teplotou guľového teplomeru. [6]

2.1.1.2 Rýchlosť prúdenia vzduchu

Je daná hygienickými požiadavkami a má veľký vplyv na pocit tepelnej pohody. Rýchlosť prúdenia vzduchu by nemala prekročiť hodnotu 0,2 m/s. Hodnoty vyššie ako 0,2 bývajú často považované za prievan.

S rastúcou rýchlosťou prúdenia vzduchu sa znižuje tepelný odpor oblečenia a zväčšuje sa pocit chladu, čo môže mať za následok zdravotné problémy. Naopak nízka rýchlosť prúdenia môže vyvolať pocit stojatého vzduchu a môže viesť k prehrievaniu organizmu. [6]

2.1.1.3 Relatívna vlhkosť vzduchu

Udáva pomer medzi okamžitým množstvom vodných pár vo vzduchu a množstvom pár, ktoré by mal vzduch o rovnakom tlaku a teplote pri plnom nasýtení. Relatívna vlhkosť vzduchu sa udáva v percentách a je možné ju vyjadriť vzťahom

$$\varphi = \frac{m}{M} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

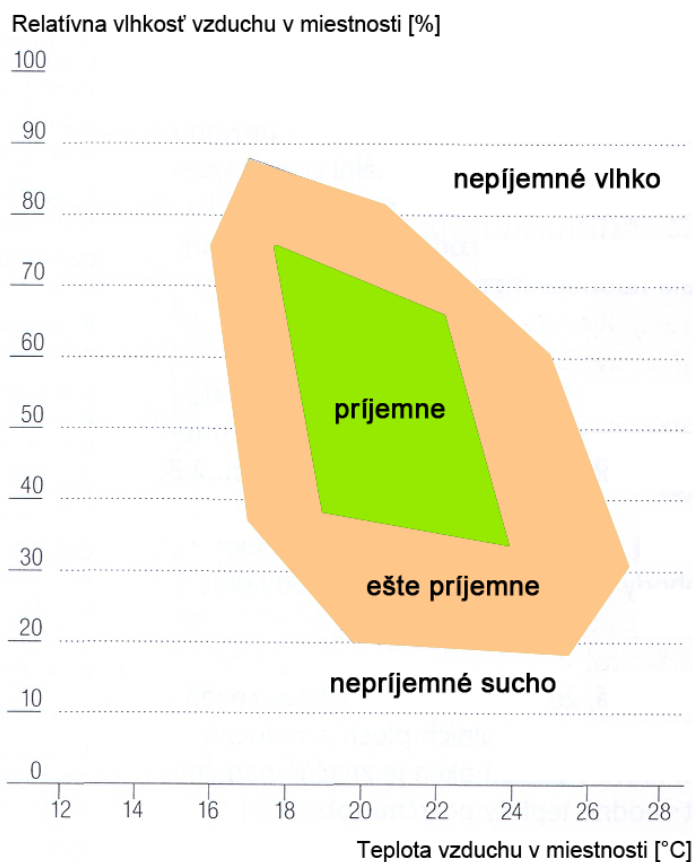
m – hmotnosť vodnej pary nachádzajúcej sa vo vzduchu [kg]

M – hmotnosť vodných pár nasýteného vzduchu [g/m³]

Na relatívnej vlhkosti a teplote vzduchu v miestnosti závisí tepelná pohoda človeka. Každý jednotliviec pociťuje tepelnú pohodu pri rôznych klimatických podmienkach. Na obrázku (Obr. 3) je zobrazená oblasť tepelnej pohody pre väčšinu ľudí (kombinácia relatívnej vlhkosti a teploty vzduchu).

Pri relatívnej vlhkosti vzduchu pod 35% sa prejavuje zvýšená prašnosť a na viac pod hodnotou 45% sa môže vytvárať elektrostatický náboj, predovšetkým na povrchu plastových materiálov. Vysoká relatívna vlhkosť môže viesť k šíreniu plesní. Tolerancia človeka k relatívnej vlhkosti je pomerne vysoká.

Rozmedzie, v ktorom by sa mala udržiavať optimálna relatívna vlhkosť, je $30\% < \varphi < 70\%$. Optimálna hodnota pre relatívnu vlhkosť je 50 %. [6]



Obr. 3. Oblasť tepelnej pohody

2.1.1.4 Index PMV a PPD

Index PMV je ukazovateľ stredného tepelného pocitu veľkej skupiny osôb. Je možné ho stanoviť odhadom energetického výdaja človeka, hodnoty tepelného odporu oblečenia a zmeraním faktorov prostredia. Výsledný stredný tepelný pocit je hodnotený sedemstupňovou stupnicou s hodnotami od -3 do +3, kde hodnota -3 zodpovedá pocitu zimy a hodnota +3 pocitu horca. Výpočet indexu PMV sa riadi normou ČSN EN ISO 7730 [37] a je možné ho vyjadriť vzt'ahom

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot L \quad (3)$$

M – energetický výdaj človeka [W]

L – rozdiel energetického výdaja a odvedeného tepla [W]

Pri posudzovaní tepelného stavu prostredia sa používa sedemstupňová psychofyzikálna stupnica s uvažovaním kladnej (teplej) a zápornej (chladnej) nepohody. Hodnoty PMV sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke (Tab. 5).

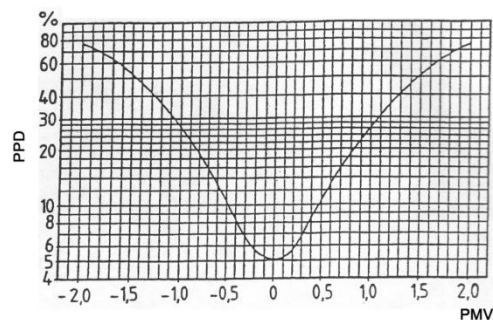
Tab. 5. Tepelný pocit človeka

PMV	Pocit
3	horko
2	teplejšie
1	teplo
0	neutrálne
-1	chladno
-2	chladnejšie
-3	zima

Pretože každý jeden človek vníma teplotu iným spôsobom, nie je možné zabezpečiť všetkým ľuďom v jednej miestnosti rovnaký pocit tepelnej pohody. Vždy sa medzi nimi nájde niekto menej spokojný s tepelnými podmienkami a práve počet týchto jedincov vyjadruje index PPD. Udáva percento nespokojných osôb, ktoré pociťujú tepelnú nepohodu a vyhodnocuje sa na základe stredného tepelného pocitu PMV. Predpokladané percento nespokojných osôb v miestnosti by malo byť menšie než 10%. Výpočet je takisto podľa normy ČSN EN ISO 7730 [37] a PPD sa spočíta vzt'ahom

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)] \quad [\%] \quad (4)$$

Závislost' indexu PMV a PPD je zobrazená na obrázku (Obr. 4). [6]



Obr. 4. Závislost' PMV a PPD

2.2 Hygienické parametre prostredia

Okrem tepelnej pohody je nemenej dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňuje vnútornú mikroklimu aj hygienická pohoda prostredia. Popisuje kvalitatívne vlastnosti vzduchu a parametrami sú obsahy jednotlivých chemických škodlivín nachádzajúce sa v ňom.

Limitné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom ovzduší budov sa ustanovujú ako limitné hodnoty vybraných chemických, mikrobiologických a biologických znečisťujúcich látok a tuhých častíc. Norma ČSN EN 1251 [35] udáva limitné hodnoty chemických látok a tuhých častíc vo vnútornom vzduchu, ktoré sú uvedené v tabuľke (Tab. 6).

Tab. 6. Limitné hodnoty chemických látok a tuhých častíc vo vnútornom vzduchu

Znečisťujúca látka	Chem. značka	Najvyššia prípustná hodnota [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Čas [h]
Oxid uhoľnatý	CO	30000	1
		10000	8
Tuhé častice	PM ₁₀	50	
Oxid dusičitý	NO ₂	200	1
Ozón	O ₃	120	8
Oxid siričitý	SO ₂	125	24
Formaldehyd	HCHO	100	0,5
		60	24
Amoniak	NH ₃	200	24
Toluén	C ₇ H ₈	8000	24
		260	168
Sírouhlík	CS ₂	100	24
Sírovodík	H ₂ S	150	24
Azbestové vlákna	1000 vlákien/m ³		
Pachové látky	Nesmú byť v koncentráciách obťažujúcich obyvateľstvo		

Škodliviny sa do interiéru prenášajú vetraním a sú obsiahnuté vo vetracom vzduchu. Hlavne prach, SO₂, NO_x a CO.

Oxid uhličitý – zvýšením jeho koncentrácie vo vzduchu nad hranicu 0,1 % sa dá hovoriť o znížení kvality vzduchu. Škodlivý začína byť pri koncentrácii 0,25 %. Tento stav môže rýchlo nastať v nedostatočne vetraných a veľmi obsadených miestnostiach. Dodržanie maximálnej požadovanej koncentrácie CO₂ v miestnosti má zabezpečiť prirodzená výmena vzduchu, ktorá musí mať dostatočnú intenzitu. Požiadavky na intenzitu výmeny sú stanovené normou ČSN 73 0540 [29], ktorá uvádza pre obytné budovy požadovanú intenzitu výmeny vzduchu $n = 0,3 - 0,6$ 1/h, teda minimálne 15 m³/h na osobu, pri kludnej činnosti s produkciou metabolického tepla menšou ako 80 W/m².

Oxid uhoľnatý – vzniká pri nedokonalom spaľovaní v kotloch na tuhé palivo, v plynových kotloch, ktoré nemajú zabezpečený odt'ah spalín, v krboch či kuchynských plynových sporákoch.

Oxid dusičitý – vzniká pri spaľovaní zemného plynu.

Oxid siričitý – do interiéru vniká cez netesnosti z exteriéru.

Formaldehyd – je obsiahnutý v stavebných materiáloch, nábytku, kobercoch, náteroch. Kvôli možným zdravotným komplikáciám sa od jeho používania upustilo.

Azbest – škodlivosť azbestu vyplýva z vdychovania malých vlákien uvoľnených z materiálu. Od jeho používania sa takisto upustilo.

Radón – nachádza sa v podlaží budovy, či v stavebných materiáloch, ak boli pri ich výrobe použité suroviny s väčším obsahom radónu. Škodlivé sú prvky vznikajúce z radónu – atómy polónia, olova a bizmutu. Priemerná koncentrácia radónu je približne 120 Bq/m³.

Zdravie takisto ohrozujú biologické škodliviny, mikroorganizmy alebo roztoči. Ich výskyt v obytných priestoroch je zapríčinený nadmernou vlhkosťou, ktorá môže byť okrem iného spôsobená aj nevhodným vetraním priestorov.

Optimálna koncentrácia spórov plesní a baktérií je 2500 baktérií, či 1000 spór na 1 m³ vzduchu.

2.3 Svetelno-technické parametre prostredia

Osvetlenie vnútorných priestorov musí byť zabezpečené osvetľovacími otvormi alebo sústavami umelého osvetlenia tak, aby v miestnostiach s pobytom ľudí alebo v ich funkčne vymedzených častiach boli dodržané základné požiadavky na osvetlenie vo vzťahu k zrakovej činnosti osôb a k charakteru svetelného prostredia. Osvetľovacie otvory, svietidlá a časti vnútorných priestorov odrážajúce svetlo sa musia pravidelne udržiavať tak, aby boli splnené základné požiadavky na osvetlenie, insoláciu a iné druhy optického žiarenia podľa normy ČSN EN 15251 [35].

2.3.1 Požiadavky na denné osvetlenie

Denné osvetlenie vnútorných priestorov okrem obytných miestností sa rieši tak, aby sa umožnilo vykonávanie zrakových činností a vytvorilo vyhovujúce svetelné prostredie na daný účel miestnosti. Vnútorne priestory s dlhodobým pobytom osôb musia byť riešené tak, aby mali vyhovujúce denné osvetlenie. Miesta dlhodobého pobytu ľudí vo vnútornom prostredí musia byť chránené pred pôsobením priameho slnečného svetla v prípadoch, kde by mohlo dôjsť k oslneniu alebo k inému narušeniu zrakovej pohody.

Ak ide o dlhodobý pobyt osôb okrem obytných miestností, najmenšia prípustná hodnota činiteľa dennej osvetlenosti, D_{\min} , na porovnávacej rovine je:

- pri bočnom osvetlení $D_{\min} = 1,5 \%$,
- pri hornom a kombinovanom osvetlení $D_{\min} = 3 \%$.

2.3.2 Požiadavky na umelé osvetlenie

Najnižšie prípustné hodnoty celkovej priemernej udržiavanej osvetlenosti vnútorného priestoru alebo jeho funkčne vymedzených častí sú:

- celkové osvetlenie pre dlhodobý pobyt
 - o v priestoroch s dostatočným denným osvetlením $E_m = 200 \text{ lx}$,
 - o v priestoroch so združeným osvetlením $E_m = 500 \text{ lx}$,
- celkové osvetlenie pre krátkodobý pobyt osôb $E_m = 100 \text{ lx}$,
- celkové osvetlenie pre občasný pobyt osôb $E_m = 20 \text{ lx}$.

2.3.3 Požiadavky na združené osvetlenie

Vo vnútornom prostredí s nedostatočným denným osvetlením možno riešiť osvetlenie ako združené. Združené osvetlenie ako osvetlenie pre dlhodobý pobyt osôb sa môže realizovať len výnimočne, ak sa preukáže, že po technickej stránke nemôže byť zabezpečené dostatočné denné osvetlenie.

Združené osvetlenie sa uplatňuje vo vnútorných priestoroch alebo v ich funkčne vymedzených častiach, v ktorých sú hodnoty činiteľa dennej osvetlenosti nižšie ako požadované, ale dosahujú najmenej 1/3 týchto hodnôt. Najmenšia plocha funkčne vymedzenej časti miestnosti pre združené osvetlenie je 10 m² alebo 1/3 podlahovej plochy miestnosti. Priestory, v ktorých nie je splnená podmienka, sa posudzujú ako priestory bez denného svetla.

Združené osvetlenie sa rieši tak, aby bol zabezpečený vhodný pomer jasov v zornom poli užívateľov. [23][6]

2.4 Akustické parametre prostredia

Zvuk predstavuje mechanické kmitanie a vlnenie vzduchu. Pokiaľ sa zvuk nachádza vo frekvenčnom rozsahu 16 Hz – 16 kHz, hovoríme o počuteľnom zvuku (rozsah ľudského sluchu, akustika).

Zvuk, ktorý na nás pôsobí, môže vzniknúť napríklad ako kročajový zvuk pri chôdzi po podlahe a čiastočne sa prejavuje ako kmitanie vzduchu.

Pri šírení zvuku dochádza k periodickým zmenám hustoty – tlaku vzduchu. Rozdiel medzi barometrickým tlakom vzduchu a jeho okamžitou hodnotou pri akustickom deji sa nazýva akustický tlak a značí sa **p**. Jeho jednotkou je Pa – Pascal.

Ľudský sluch je schopný vnímať akustický tlak vo veľkom rozsahu. Od 2·10⁻⁵ až po približne 60 Pa. Vzrastom akustického tlaku klesá citlivosť sluchu. Pre popis akustických veličín slúži logaritmická stupnica. Hladina akustického tlaku je definovaná vzťahom

$$L = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ [dB]} \quad (5)$$

L – hladina akustického tlaku [dB]

p_0 – prahová hodnota akustického tlaku, tzn. najnižšia hodnota, ktorá dokáže vyvolať zvukový vnem a jej veľkosť je $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Hladina akustického tlaku je relatívnou veličinou. V logaritmickej miere vyjadruje, koľkokrát je hodnotený akustický tlak vyšší než stanovená prahová hodnota. Ak pôsobia dva zdroje súčasne, hladina akustického tlaku vzrastie o hodnotu $10 \cdot \log 2 = 3$ dB. Pri pôsobení desiatich zdrojov súčasne, hladina vzrastie o 10 dB a pod. Ak je jeden z čiastkových akustických tlakov významne nižší než ostatné, je možné ho pri výpočte zanedbať.

Aby bolo možné popísať celé zvukové spektrum, je celý kmitočtový rozsah počuteľného zvuku rozdelený na 11 čiastkových intervalov, tzv. oktáv. Oktáva je interval medzi dvomi kmitočtami, pričom druhý je dvojnásobok prvého. Každá oktáva má názov podľa svojho stredného kmitočtu. Stredné kmitočty sú uvedené v tabuľke (Tab. 7).

Tab. 7. Stredné kmitočty oktavových pásiem a hodnoty korekčnej krivky A zvukomeru

f [Hz]	16	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
KA [dB]	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1	-6,6

Ľudský sluch má najvyššiu citlivosť v intervale 1000 až 4000 Hz, čo zodpovedá kmitočtovému rozsahu ľudskej reči. Zavedením váhových filtrov, ktoré upravujú citlivosť zvukomeru, sa upravuje meranie pre priblíženie k vlastnostiam sluchového orgánu. Zvukomer meria hladinu akustického tlaku súčasne v jednotlivých kmitočtových pásmach. Ku každej zmeranej hodnote pripočíta korekciu váhového filtru a následne takto upravené hodnoty sčíta (energeticky, podľa pravidiel počítania s hladinami). Takto vzniknutá veličina sa označuje L_A a nazýva sa hladina akustického tlaku, A. Jednotkou zostáva dB. Váhové korekcie upravuje norma a sú uvedené v tabuľke (Tab. 7).

Na ľudský organizmus má výrazný vplyv hlavne pôsobenie celkovej akustickej energie, ktorej je vystavený v určitom časovom úseku. Označuje sa ako ekvivalentná hladina akustického tlaku, L_{Aeq} , ktorá sa vzťahuje vždy k určitému časovému intervalu (napr. pracovná doba). Norma ČSN EN 15251 [35] stanovuje typický rozsah hodnôt akustického tlaku, napr. pre obytné priestory má hodnotu 25 až 40 dB(A). [23][6]

3 TVORBA MIKROKLÍMY

Tvorba mikroklimy predstavuje uvedenie vnútorného prostredia budovy do stavu, ktorý zodpovedá našim požiadavkám. Toto sa dá docieľiť dvomi spôsobmi:

- vykurovaním objektu
- chladením objektu

Základ tvorí správy a optimálny výber zdroja tepla. Ponuka týchto zdrojov je veľmi rozmanitá a záleží len na finančných možnostiach investora.

Výber vychádza predovšetkým z lokálnych podmienok, maximálnej možnej úspory energií a závisí od rôznych faktorov:

- tepelný výkon zdroja
- účel
- druh spaľovaného paliva
- druh teplonosnej látky

Vypočítanú potrebu tepla na vykurovanie a prípravu TÚV je možné zabezpečiť plynovými či olejovými kotlami, kotlami na tuhé palivo, elektrokotlami, kotlami na biomasu a ekologickým spôsobom vykurovania – tepelnými čerpadlami či slnečnými kolektormi. Prednostne sa však využívajú obnoviteľné zdroje energie.

Pri nízkoenergetických, či pasívnych budovách je vhodné použiť chladiace systémy, pretože v letnom období môže veľmi ľahko prísť k prehrievaniu budovy. Tu sa výber zužuje na klimatizačnú jednotku a chladiace stropy, či trámce, ktorých zdrojom chladu môže byť tepelné čerpadlo spustené v režime chladenia, tzv. reverzácií. [16]

3.1 Obnoviteľné zdroje energie

Obnoviteľné zdroje energie (OZE) efektívne využívajú prírodné zdroje ako slnečné žiarenie, vietor, dážď, geotermálna energia, ktoré sú prirodzene obnovované. Technológie obnoviteľných zdrojov energie zahŕňajú slnečnú energiu, energiu vetra, energiu vody, biomasu.

Sú považované za zdroje budúcnosti, avšak ich využitie už v súčasnosti získava stále väčší význam. Prinášajú reálnu alternatívu k fosílnym palivám, ktorých zásoby sú obmedzené, nedoplňajú sa a dnes sa vysokou rýchlosťou mňajú. Spracovanie fosílnych

palív od ťažby až po spaľovanie produkuje množstvo emisií škodlivých látok nielen pre životné prostredie, ale aj pre zdravie človeka. Navyše sú z veľkej časti zodpovedné za globálne otepľovanie, ktoré dnes spôsobuje problémy po celom svete. Účinky obnoviteľných zdrojov na klímu sú minimálne; pokiaľ nahradia fosílné zdroje, znižujú množstvo emisií škodlivých látok vrátane ťažkých kovov. Ich využívanie je schopné zabezpečiť trvalo udržateľný rozvoj. Majú množstvo výhod, no napriek nim je ich rozvoj u nás stále pomalý a blokovaný.

Záväzným cieľom pre Slovensko v oblasti obnoviteľných zdrojov energie do roku 2020 je 14 % podiel OZE na hrubej konečnej spotrebe energie. [7]

3.1.1 Solárna energia

Slnecná energia alebo solárna energia je energia získaná zo Slnka. Na Zem dopadá vo forme žiarenia. Skladá sa z tepelnej a svetelnej energie. Prichádza vo forme elektromagnetických vln.

V súčasnosti možno účinne využívať ponúkanú solárnu energiu prakticky v ktoromkoľvek mieste na povrchu Zeme. Na území Slovenskej republiky je ročný úhrn slnečného žiarenia dopadajúceho na 1 m² plochy 900 až 1200 kWh.

Prostredníctvom zariadení so solárnymi kolektormi je možné využívať značnú časť slnečnej energie na výrobu tepla. Takto možno ušetriť vzácne palivá a vďaka nižším emisiám škodlivých látok citeľne prispieť k ochrane životného prostredia. [7]

3.1.2 Veterná energia

Vzdušné prúdy je možné zachytávať a využiť na pohon veterných turbín. Moderné veterné turbíny dosahujú výkony 600 kW až 5 MW, pričom turbíny s výkonom rádovo 1,5 až 3 MW sa stali najpoužívanejšie pre komerčné účely. [7]

3.1.3 Biomasa

Známe sú rôzne formy pevnej biomasy: drevné palivo, organické zložky mestského odpadu či nevyužitá časť poľnohospodárskych plodín. Tieto môžu byť pestované zámerne

na energetické účely, pričom zvyšná časť rastliny je použitá ako palivo. Väčšina typov biomasy obsahuje využiteľnú energiu. Biomasa sa najčastejšie priamo spaľuje, čím produkuje teplo o výkone asi 10 – 20 MJ/kg.

Pre vykurovanie energeticky úsporných domov je veľmi výhodné využiť každej vodnej a suchozemskej vegetácie alebo biomasy z komunálneho či poľnohospodárskeho odpadu. Okrem dreva sú významné zdroje aj olejnaté rastliny, slama a organický odpad. Spaľovanie dreva, peletiek alebo štiepky zabezpečujú moderné kotly na drevo, ktoré dosahujú účinnosť 75 až 90 %. Takisto je ich možné použiť na ohrev TÚV. Ďalšou vhodnou alternatívou sú kachľové pece na drevo s tepelným akumulátorom. [7]

3.2 Neobnoviteľné zdroje energie

Neobnoviteľné zdroje energie sú zdroje energie, ktoré sú v čase a priestore z pohľadu dĺžky ľudského života a potrieb spoločnosti vyčerpatel'né.

Najvýznamnejšími využívanými neobnoviteľnými zdrojmi energie v Slovenskej republike sú:

- fosílna palivá – hnedé uhlie, čierne uhlie, zemný plyn, ťažký vykurovací olej
- jadrové palivá – urán

Veľkou nevýhodou používania neobnoviteľných zdrojov energie je ekologická záťaž na životné prostredie a to hlavne ich ťažením a prepravovaním. [7]

3.3 Zariadenia na tvorbu mikroklímy

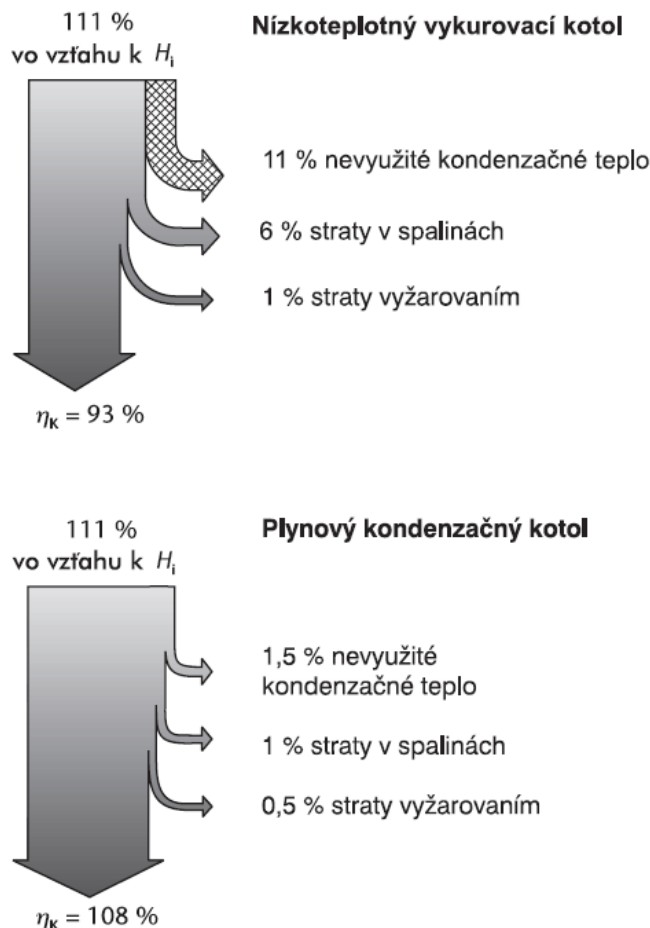
3.3.1 Plynový kondenzačný kotol

Označenie kondenzačný kotol je odvodené od skutočnosti, že úspešne využíva tepelný zisk nielen z výhrevnosti (H_i), ale hlavne zo spalného tepla (H_s) palív.

Pre všetky výpočty bola v európskych normách zvolená výhrevnosť H_i 100 % ako určujúca veličina, takže účinnosť kotla nad 100 % možno dosiahnuť. Len takto je možné navzájom porovnať účinnosti konvenčného a kondenzačného kotla.

Oproti moderným nízkoteplotným kotlům je možné účinnost kotla zvýšit až o 15 %. V porovnaní so starými vykurovacími zariadeniami sú možné úspory energie až 40 %.

Pre porovnanie využitia energie medzi moderným nízkoteplotným vykurovacím kotlom a plynovým kondenzačným kotlom slúži nasledujúca energetická bilancia (Obr. 5).



Obr. 5. Energetická bilancia

Pri zemnom plyne činí podiel kondenzačného tepla vo vzťahu k výhrevnosti H_i 11 %. Tento tepelný podiel zostane pri nízkoteplotnom vykurovacom kotle nevyužitý. Plynový kondenzačný kotol vďaka kondenzácii vodných pár v spalinách, umožňuje využitie tohto tepelného potenciálu.

Pri nízkoteplotnom vykurovacom kotle odchádzajú spaliny s relatívne vysokými teplotami od 150 do 180°C. Preto nevyužitím tepelného podielu dochádza k stratám 6 až 7 %. Drastická redukcia teploty spalín pri plynovom kondenzačnom kotle na hodnotu 30°C využíva senzibilný tepelný podiel a významne znižuje straty v spalinách.

Plynové kondenzačné kotle môžu byť inštalované do každého vykurovacieho systému. Využitelnosť podielu kondenzačného tepla a výsledný stupeň využitia je však závislý zo spôsobu prevádzky a od zvoleného vykurovacieho systému. Optimálny stupeň využitia kondenzácie je daný nízkou teplotou vykurovacieho systému (teplotného spádu), napr. 40/30°C. Aj pri starých vykurovacích zariadeniach teplotným spádom 90/70°C je ešte v priebehu ročnej vykurovacej periódy využitelnosť kondenzačného tepla 80 %. [18]

3.3.1.1 Výhrevnosť a spalné teplo

Výhrevnosť H_i predstavuje množstvo získaného tepla z jedného kubického metra plynu, popr. z jedného kilogramu vykurovacieho oleja. Produkty spaľovania sú v plynnom stave.

Spalné teplo H_s obsahuje – oproti výhrevnosti H_i – ako prídavný energetický podiel aj teplo získané z kondenzácie vodných pár v spalinách. [18]

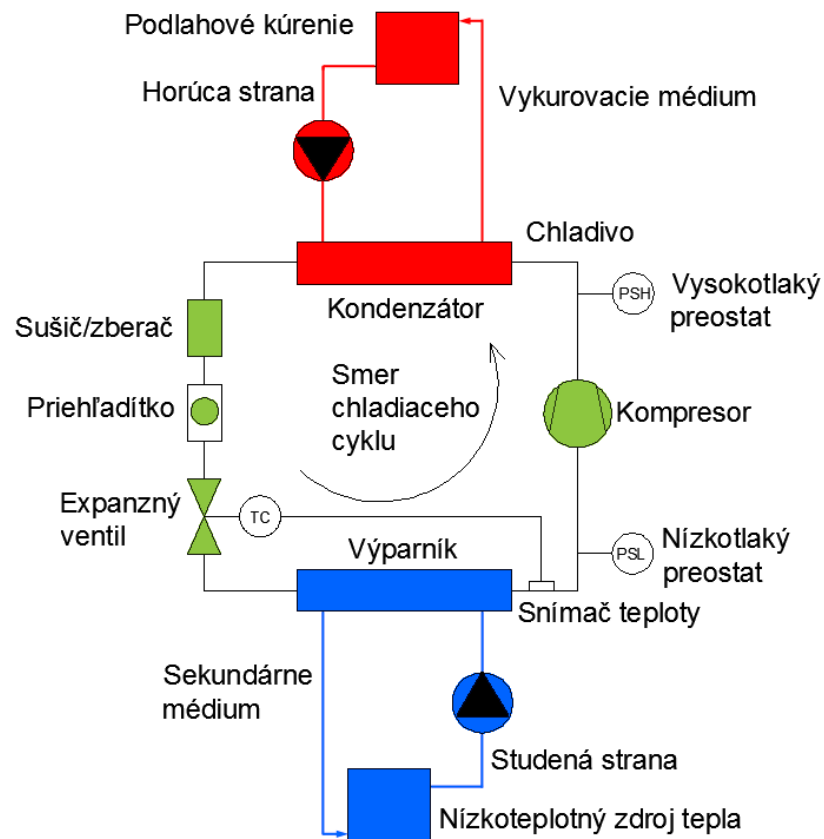
3.3.2 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo odoberá najväčšiu časť vykurovacej energie z okolia, pričom len menšia časť je privádzaná ako prevádzková energia. Stupeň účinnosti tepelného čerpadla (výkonové číslo) leží medzi 3 a 6, pri tepelnom čerpadle vzduch-voda medzi 3 a 4. Z tohto dôvodu sú tepelné čerpadlá ideálne pre energeticky úsporné a životné prostredie chrániace vykurovanie. Na vykurovanie a ohrev TUV sa dá využiť teplo z okolia, napr. zo zeme, vzduchu alebo spodnej vody. [14][15]

3.3.2.1 Princíp činnosti tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlá fungujú podľa osvedčeného a spoľahlivého „princípu chladničky“. Odoberá teplo prostrediu a odovzdáva ho vykurovaciemu zariadeniu. Využívajú prirodzený smer toku z tepla do chladu v uzavretom obvode chladiaceho prostriedku prostredníctvom výparníka, kompresora, kondenzátora a expanzného ventilu. Tepelné čerpadlo pumpuje pritom teplo z okolia na vyššiu, pre vykurovanie využiteľnú, teplotnú úroveň.

V prevádzke chladenia funguje okruh chladenia opačne - použitím štvorcestných ventilov a tým je v stave dosiahnuť nižšiu úroveň teploty, aby mohol z budovy odobrať teplo.



Obr. 6. Funkcia tepelného čerpadla soľanka - voda

Chladivo prúdi v chladiacom okruhu a je nútené sa vyparovať pri nízkom tlaku a teplote a kondenzovať pri vysokom tlaku a teplote. Typickým chladivom pre tepelné čerpadlá je R407C, ktoré má bod varu pri atmosférickom tlaku $-43,9^{\circ}\text{C}$.

Výparník je výmenník tepla, v ktorom chladivo absorbuje teplo z vonkajšieho nízko teplotného zdroja (ako je vzduch, pôda, voda a iné), alebo z teplotného média, ako je napríklad soľanka, a vrije pri nízkom tlaku. Teplota a tlak vo výparníku zostávajú pri procese vyparovania konštantné. V prípade nepriameho vyparovania ako je znázornené na obrázku (Obr. 6), soľanka (väčšinou zmes vody a nemrznúcich látok) cirkuluje cez zdroj tepla a transformuje teplo do výparníka. Ak je zdrojom tepla vzduch alebo voda, tieto médiá pretekajú priamo cez výparník.

Kompresor: vyparované chladivo je nasávané z výparníku do kompresora a potom stláčané na vyšší tlak a teplotu. Vo väčšine prípadov je kompresor poháňaný elektromotorom. Väčšina tepelných čerpadiel pre domáce aplikácie používa tzv.

hermetické kompresory, kde pohonný elektromotor a kompresor je umiestnený spolu v hermeticky uzavretom (zavarenom) plášti.

Kondenzátor: horúci skomprimovaný plyn chladiva vchádza do kondenzátora- tepelného výmenníka, z ktorého je teplo transformované do teplotnosného média (obyčajne vzduch alebo voda). Teplota a tlak chladiva počas kondenzácie zostávajú konštantné.

Expanzný ventil pracuje ako škrtiaci ventil transformujúci tok chladiva do výparníkov znížením tlaku z kondenzačného na tlak vo výparníku. Časť kvapalného chladiva sa pri tomto procese vyparí a chladivo sa výrazne ochladí (plyn aj kvapalina).

Nízkotlaký vypínač (preostat) zaručuje, že tlak v nízkotlakej časti obehu neklesne pod určitú úroveň. To sa môže prihodiť, keď nastane únik chladiva, alebo zdroj tepla je nedostatočne dimenzovaný, takže nie je dosť tepla k vypareniu chladiva. Obdobne, vysokotlaký vypínač zabraňuje prekročeniu tlaku na vysokotlakej strane obehu. Nadmerný tlak môže viesť k otvoreniu bezpečnostného tlakového zariadenia, alebo k poškodeniu tlakovej nádoby.

Sušič/zberač: jeho funkciou je odstraňovanie vlhkosti z okruhu chladiva. Vlhkosť a vedľajšie produkty z chladiva môžu okrem iného poškodiť komponenty obehu a vytvárať ľad a blokať expanzný ventil. Ďalšou funkciou zberača je akumulovať prebytok chladiva počas určitých podmienok.

Priehľadítko (priezorník) je používané pre zisťovanie, či chladivo tečúce k expanznému ventilu je celkom skondenzované (absencia bubliniek). [14][15][24]

3.3.2.2 Výkonové číslo COP

Výkonové číslo ϵ , nazývané aj COP (z anglického Coefficient Of Performance – koeficient výkonu), je nameraný alebo vypočítaný ukazovateľ pre tepelné čerpadlá pri špeciálne definovaných prevádzkových podmienkach, podobných normovanej spotrebe pohonných hmôt pri motorových vozidlách.

Popisuje pomer využiteľného tepelného výkonu k prijatému elektrickému hnaciemu výkonu kompresora. Pritom je výkonové číslo, ktoré môže byť dosiahnuté tepelným čerpadlom, závislé od teplotného rozdielu medzi tepelným zdrojom a prijímateľom tepla.

Pre výpočet prostredníctvom pomeru vykurovacieho výkonu k elektrickému príkonu slúži nasledujúci vzťah

$$COP = \varepsilon = \frac{\dot{Q}_H}{P_{el}} \quad (6)$$

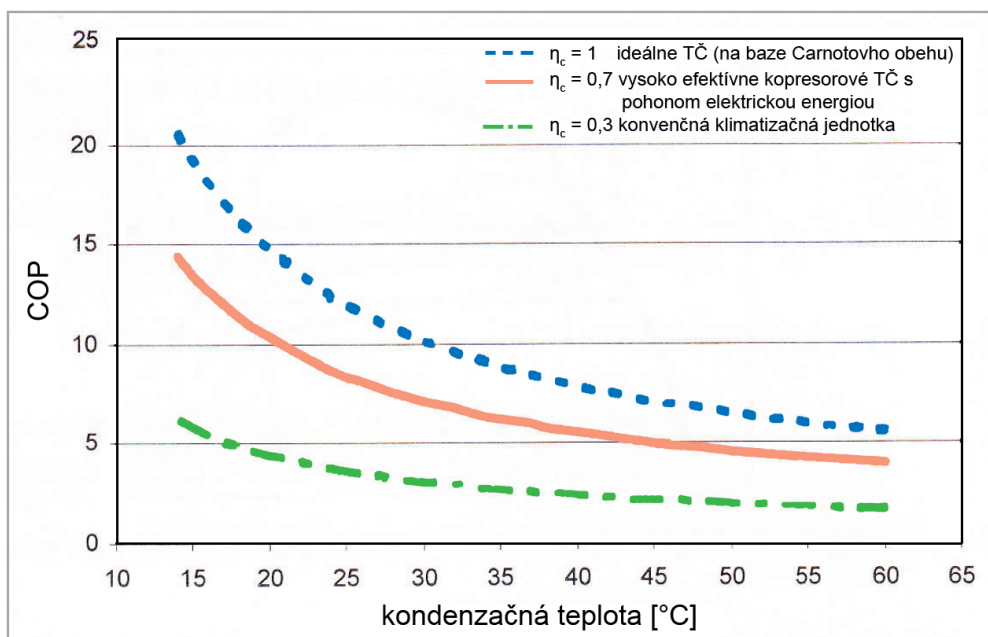
\dot{Q}_H – spotreba vykurovacieho tepla [kW]

P_{el} – elektrický príkon [kW] [14]

3.3.2.3 Carnotova porovnávacia účinnosť (η_c)

Obrázok (Obr. 7) ukazuje COP pre ideálne tepelné čerpadlo ako funkciu teplotného rozdielu medzi kondenzačnou teplotou a teplotou zdroja tepla na úrovni 0°C. Je taktiež znázornený priebeh skutočnej hodnoty COP na uvedenom teplotnom rozdiel pre rôzne typy tepelných čerpadiel.

Pomer skutočnej hodnoty COP tepelného čerpadla a ideálnej hodnoty COP (podľa ideálneho Carnotovho obehu) je tzv. Carnotova porovnávacia účinnosť η_c , ktorá sa pohybuje pre reálne systémy tepelných čerpadiel v rozmedzí od 0,3 do 0,7 ako je znázornené na obrázku (Obr. 7). [24]



Obr. 7. COP ako funkcia teplotného rozdielu

3.3.2.4 *Druhy najpoužívanejších tepelných čerpadiel*

Tepelné čerpadlá sa delia podľa zdroja tepla a teplotného média. [24]
Najpoužívanejšími druhmi sú:

Vzduch-voda

V poslednom období zažívajú veľký rozkvet, vďaka tomu, že majú široké spektrum pracovných teplôt, pri ktorých môžu ešte efektívne pracovať a to až do teploty -25°C . Nevýhodou môže byť závislosť ich výkonu od teploty okolitého vzduchu a nutnosť použiť doplnujúci zdroj tepla. Výkon klesá s klesajúcou teplotou vonkajšieho vzduchu, naopak rastie so vzrastajúcou teplotou vonkajšieho vzduchu. Teplo odobraté z okolitého vzduchu je mu bezprostredne vrátené tepelnou stratou budovy.

Ich inštalácia je oproti iným druhom tepelných čerpadiel podstatne jednoduchšia a rýchlejšia. Tepelné čerpadlá typu vzduch-voda majú vďaka nízkej obstarávacej cene rýchlejšiu ekonomickú návratnosť.

Zem-voda

Tento typ tepelných čerpadiel využíva obnoviteľnú energiu naakumulovanú v pôde. Teplo je z pôdy odoberané plošnými kolektormi alebo zemnými sondami. Najlepší tepelný faktor (ale aj s najväčšími investíciami) má tepelné čerpadlo zem-voda s hĺbkovým vrtom, kde v hĺbke asi 80 – 100 m využíva geotermálnu zemskú energiu. Tieto tepelné čerpadlá nie sú závislé od vonkajšej teploty, pretože teplota v tejto hĺbke je po celý rok konštantná a to asi 10°C . Má vysoký vykurovací faktor aj v tom najchladnejšom období. Po vykurovacej sezóne je potrebná regenerácia vrtov, aby načerpali späť stratenú energiu.

Voda-voda

Tieto tepelné čerpadlá využívajú energiu zo spodnej alebo povrchovej vody. Majú veľmi vysokú účinnosť, pokiaľ teplotný rozdiel medzi zdrojom a spotrebičom je čo najmenší a celoročne stály. Toto tepelné čerpadlo volíme, pokiaľ je na pozemku dostatok spodnej vody. Jedná sa o otvorený systém, kde z jednej studne sa voda odčerpáva a cez výmenník, kde odovzdá teplo, sa vracia do druhej studne. Faktor kvality a výdatnosti spodnej vody je veľmi dôležitý pre dosiahnutie najvyššej sezónnej účinnosti. Môže sa použiť len v miestach s dostatočným množstvom spodnej vody.

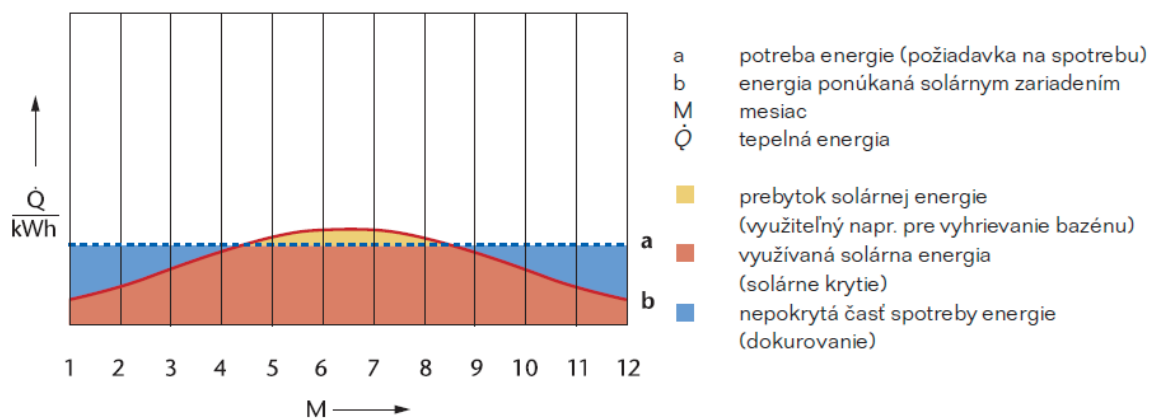
Medzi výhody patria najnižšie prevádzkové náklady a v porovnaní s vrtmi aj nižšie investičné náklady.

3.3.3 Solárne kolektory

Jednou z možností ako efektívne využiť energiu zo slnečného žiarenia je použitie solárnych kolektorov. Tepelné solárne zariadenie využíva slnečnú energiu na ohrev pitnej vody a alternatívne aj na podporu vykurovania. Solárne zariadenia na ohrev pitnej vody a podporu vykurovania sa stále rozširujú. Často chýbajú len dostatočné informácie o tom, aký obrovský je podiel vykurovacieho tepla, ktorý dokážu technicky dokonalé solárne systémy dnes dodávať. [25][26]

3.3.3.1 Solárne kolektory na ohrev pitnej vody

Ohrev pitnej vody je najčastejšou možnosťou využitia zariadení so solárnymi kolektormi. Spotrebu teplej vody, ktorá sa pohybuje celoročne na približne rovnakej úrovni, možno skombinovať s ponukou slnečnej energie. V letnom období možno spotrebu energie na ohrev pitnej vody úplne pokryť prostredníctvom solárneho zariadenia. Napriek tomu musí dokázať konvenčné vykurovacie zariadenie pokryť spotrebu teplej vody nezávisle od solárneho ohrievania. Dôvodom sú dlhšie obdobia zlého počasia, počas ktorých musí byť taktiež zabezpečená dodávka teplej vody. [13]



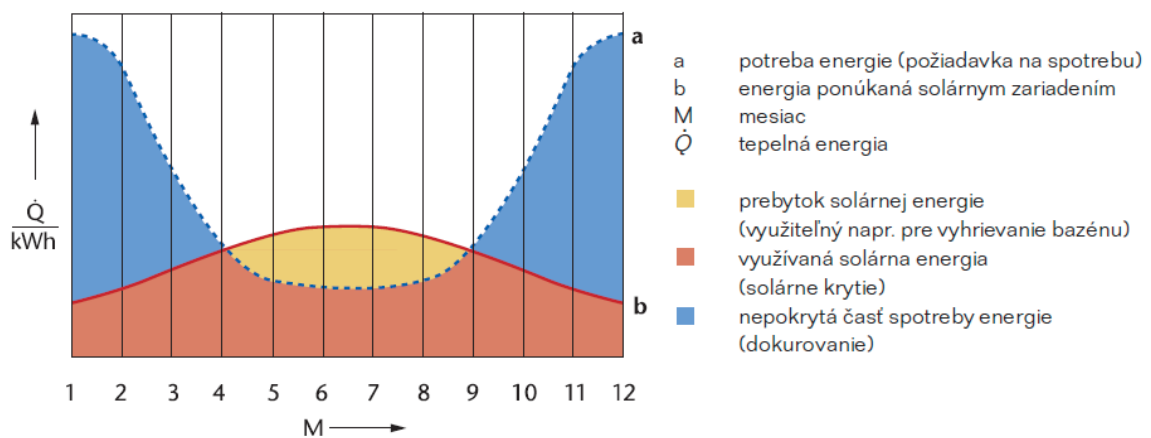
Obr. 8. Energia zo solárnych kolektorov vo vzťahu k ročnej spotrebe na ohrev TÚV

3.3.3.2 Solárne kolektory na ohrev pitnej vody a podporu vykurovania

Dôkazom uvedomelého ekologického správania je využívanie zariadení so solárnymi kolektormi nielen na ohrev pitnej vody, ale aj na podporu vykurovania. Avšak solárne zariadenie môže odovzdávať teplo iba vtedy, ak je teplota spiatočky vykurovania

nižšia ako teplota solárnych kolektorov. Z tohto dôvodu sú ideálne veľkoplošné vyhrievacie telesá s nízkou úrovňou teploty alebo podlahové vykurovanie.

Pri vhodnom nadimenzovaní dokáže solárne zariadenie pokryť až 30 % celkovej ročnej spotreby tepelnej energie na ohrev pitnej vody a vykurovanie. V kombinácii s krbovou vložkou s rozvodom vody alebo s kotlom na tuhé palivo možno spotrebu fosílnych palív počas vykurovacej sezóny znížiť ešte viac. Dôvodom je možnosť využívania obnoviteľných palív ako napr. drevo. Zvyšok potrebnej energie dodá kondenzačný alebo nízkoteplotný vykurovací kotol. [13]



Obr. 9. Energia zo sol. kol. vo vzťahu k ročnej spotrebe na ohrev TUV a vykurovanie

3.3.3.3 Delenie solárnych kolektorov

Ploché vákuové kolektory

Kolektor sa skladá z pevného zaskleného rámu. Vo vnútri rámu je po celej ploche umiestnená tenkostenná medená trúbka prechádzajúca od vstupu k výstupu. Trúbka má pre zvýšenie tepelnej absorpčnej schopnosti postranné medené krídienka, ktoré zvyšujú koncentráciu tepelného slnečného žiarenia. Po celej ploche kolektoru pod medenou trúbkou je niekoľkokentimetrová vrstva tepelnej izolácie. Z vrchnej strany je kolektor krytý tvrdeným sklom s nanesenou špeciálnou selektívnou vrstvou vysoko absorpčnej látky účinne pohlcujúcej slnečné tepelné žiarenie.

Inertný plyn, ktorým je vyplnený priestor medzi absorbérom a sklenenou tabuľou, znižuje tepelné straty. Tento uzatvorený priestor je vyplnený ťažkým inertným plynom zabraňujúcim úniku tepla. Vďaka tejto hermeticky uzatvorenej konštrukcii je povrch

absorbéra chránený pred poveternostnými vplyvmi, akými sú vlhký vzduch, prach alebo škodlivé látky v ovzduší.

Ploché kolektory sa najčastejšie umiestňujú na šikmé strechy orientované na južnú stranu pod uhlom 45° .

Trubicové vákuové kolektory

Konštrukcia je založená na systéme radu sklenených dvojtenných trubíc uložených vedľa seba. V každej sklenenej trubici je vo vákuu samostatne vedená medená trúbka, ktorou preteká teplotonosná látka.

Výhodou týchto kolektorov je väčší energetický zisk, pretože tepelné žiarenie pôsobí na jednotlivé sklenené trubice s väčšou plošnou účinnosťou. Na stenách sklenených trubíc je takisto nanosená vysoko absorpčná vrstva pohlcujúca tepelné slnečné žiarenie.

Nevýhodou je vyššia hmotnosť, vyššia cena a teoretická možnosť mechanického poškodenia.

3.3.3.4 Komponenty solárnych kolektorov

Pre správnu funkciu solárneho systému sú potrebné ďalšie komponenty, ktoré sú súčasťou primárneho okruhu a ktoré slúžia na vzájomné prepojenie kolektorov a pripojenie kolektorov k systému. Ďalšími prvkami nevyhnutnými na prevádzku sú okrem iného aj odvodušňovacie ventily.

Nosná konštrukcia

Vzhľadom na životnosť kolektorov, ktorá je približne 25 rokov, musí aj nosná konštrukcia odolávať stálym vplyvom vonkajšieho prostredia po dobu ich životnosti.

Zásobníkové ohrievače teplej vody

Takzvané solárne bojler. Využitie nájdú pri menších solárnych systémoch. V bojleri je umiestnený výmenník výrazne väčší než klasické výmenníky ústredného kúrenia. Mal by mať odolnú povrchovú úpravu voči korózii. Takisto sa predpokladá životnosť rovná životnosti kolektorov.

Väčšie solárne systémy používajú samostatný doskový protiprúdny výmenník.

Cirkulačné čerpadlo

Slúži na cirkuláciu teplotnosnej látky medzi kolektorom a výmenníkom. Je vhodné použiť čerpadlo s možnosťou regulácie otáčok. Zamedzenie cirkulácie v opačnom smere zabezpečí spätná klapka.

Spojovacie potrubie

Dimenzuje sa na teplotu až 180°C a na tlak podľa použitého poistného ventilu. Izoluje sa rovnako ako iné teplovodné potrubia a izolačný materiál musí byť odolný voči UV žiareniu. Vzhľadom na vysokú teplotu nie je možné na izoláciu používať izolácie na báze plastov. Používajú sa na báze minerálnych látok.

Odvzdušňovač

Dokonalé odvzdušnenie systému zabezpečí dobrú cirkuláciu teplotnosnej látky. Používa sa pri plnení a odvádzaní vzduchu, ktorý sa z teplotnosnej látky uvoľňuje pri zvyšujúcej sa teplote. V ľahko prístupnej časti sa za obehové čerpadlo radí automatický absorpčný odplyňovač.

Expanzná nádoba

Solárny systém sa zväčša montuje ako uzatvorený systém, preto je nutná expanzná nádoba. Jej dimenzovanie závisí od celkového objemu v systéme a od výkonu. Pre solárne systémy sú vhodnejšie nádoby s vyšším pracovným pretlakom, kvôli menšej náchylnosti na zavzdušnenie. Typická veľkosť expanznej nádoby je 6 l na kolektor.

Prídavné zariadenia

Vyššie uvedené zariadenia stačia na prevádzku solárneho systému, avšak pre vyšší komfort a energetickú optimalizáciu sú potrebné ďalšie zariadenia ako tlakomer, teplomer, prietokomer a hlavne snímače teploty spolu s regulátorom, ktorý reguluje otáčky cirkulačného čerpadla na dosiahnutie optimálneho prietoku. [13][26]

3.3.4 Fotovoltaické panely

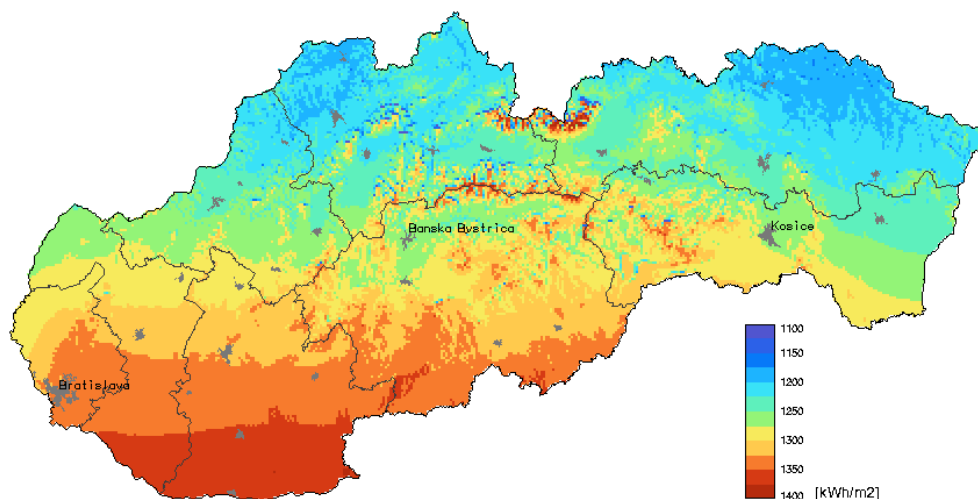
Fotovoltaika je priama premena svetla na elektrinu na atómovej úrovni. Niektoré materiály vykazujú vlastnosti, ktorým sa hovorí fotoelektrický efekt, ktorý spôsobuje, že tieto materiály absorbujú fotóny zo svetla a uvoľňujú elektróny. Výsledkom ich zachytenia a usmernenia je elektrický prúd. Solárne články sú vyrobené z rovnakého druhu

polovodičových materiálov, napr. kremík, ktorý je používaný v mikroelektronickom priemysle. Niekoľko solárnych článkov elektricky vzájomne prepojených, a pripevnených na podpornú konštrukciu alebo rám, sa nazýva fotovoltaický modul. Moduly sú navrhnuté tak, aby dodávali elektrickú energiu určitého napätia, napríklad 12 V. Množstvo vyrobeného prúdu je priamo závislé na tom, koľko svetla dopadne na modul.

Viac modulov môže byť spolu prepojených a tvoriť tak polia. Všeobecne platí, že čím väčšia je plocha modulu alebo poľa, tým viac elektriny sa vyrobí. Fotovoltaické moduly a polia produkujú jednosmerný elektrický prúd (DC). Podľa technológie solárnych článkov rozlišujeme monokryštalické, polykryštalické a amorfné solárne moduly. Väčšina komerčných kryštalických modulov sa skladá z 36 alebo 72 článkov.

Výkon typických kryštalických modulov sa pohybuje od niekoľkých wattov až po 200 W na modul. Výkon solárneho článku sa udáva vo Watt-peakoch (Wp), čo je jednotka špičkového výkonu fotovoltaickej elektrárne za ideálneho letného dňa. To znamená, že nainštalovaný 1 kWp môže vyrobiť asi 1000 kWh elektrickej energie za rok pri ploche článkov cca 8 m².

Počas svojej odhadovanej životnosti (25 rokov) vyrobí fotovoltaický modul omnoho viac elektriny, ako sa spotrebuje pri jeho výrobe. 100 W modul ušetrí emisiu viac než dvoch ton CO₂.



Obr. 10. Intenzita slnečného žiarenia na území Slovenskej republiky

Ročný počet solárneho svitu v SR je približne 1600 až 2000 hodín. Ideálne podmienky pre výrobu elektriny sú pri priamom slnečnom žiarení pri bezoblačnej oblohe. Pri polojasnom počasí klesá výkon približne na 35% a pri zatiahnutej oblohe na 10%. [36]

4 RIADENIE A KOMUNIKÁCIA

Na Slovensko sa postupne dostávajú rôzne systémy inteligentných elektroinštalácií, ktoré nachádzajú uplatnenie v menších či väčších administratívnych budovách, ale aj rodinných domoch. Moderné domy a budovy kladú stále vyššie požiadavky na inštalované technické zariadenia – používajú rôzne moderné systémy osvetlenia, vykurovania, klimatizácie, zabezpečenia, často sa musia adaptovať na množstvo zmien. Riešením sú inteligentné elektroinštalácie umožňujúce riadiť funkcie v dome alebo budove jednoduchšie, flexibilnejšie, bezpečnejšie a hospodárnejšie pri maximálnom komforte.

Základ riadiacich systémov komplexného energetického manažmentu budov tvorí komunikácia po zbernici s vhodnou sieťovou topológiou. Výber typu komunikačnej zbernice a takisto aj vhodnej topológie vo veľkej miere závisí od rozsahu elektrickej inštalácie, ovládacích požiadaviek a v neposlednom rade aj od kompatibility jednotlivých prvkov zúčastňujúcich sa na komunikácii – súbor senzorov a akčných členov.

4.1 Charakteristika zbernicových systémov

Zariadenia obsiahnuté v elektroinštalácii používajú zbernicu ako digitálne komunikačné médium medzi nimi za účelom monitorovania a riadenia. Zbernica, tzv. bus (z angl.), sprostredkováva dáta medzi jednotlivými zariadeniami zapojenými v systéme. Jej základ tvorí vodič s malým prierezom, na ktorý je možné pripojiť či už riadiace alebo riadené zariadenia. Ďalej zbernica ruší potrebu fyzicky zapájať zariadenia na silový rozvod. Namiesto toho sú pripojené len na zbernicu.

Všetky zariadenia, ktoré tvoria súčasť elektroinštalácie je možné rozdeliť do troch podskupín:

- senzory
- akčné členy
- systémové zariadenia

Senzory slúžia na sledovanie situácie a udalostí v priestore ich pôsobenia, napríklad zopnutie spínača, zmena sledovanej veličiny (teplota, vlhkosť a pod.) a následné podávanie hlásenia na zbernicu. Medzi senzorické zariadenia sa zaraďujú napríklad spínače,

termostaty, senzory pohybu, binárne vstupy, infračervené prijímače, požiarne hlásiče, meteorostanice a pod.

Akčné členy sú napríklad výkonové spínače, stmievače, binárne výstupy a vykonávajú špecifické operácie v dôsledku zmeny v systéme – zopnutím spínača rozsvietenie svetla, poklesnutím teploty zopnú kúrenie a pod.

Systémové zariadenia slúžia na zabezpečenie základnej funkcie a vytvorenia infraštruktúry. Medzi systémové zariadenia patria napríklad napät'ové zdroje zabezpečujúce napájanie zbernice, členy spájajúce viacero úsekov (líniové spojky), zosilňovače, logické jednotky, zariadenia umožňujúce pripojenie periférií a pod. [27]

Výhody inteligentnej zbernicovej elektroinštalácie oproti klasickej elektroinštalácii:

- jednoduchá inštalácia
- úspora zmenšením počtu vodičov
- úspora materiálu, práce a elektrickej energie
- spätná väzba pripojených zariadení (základ inteligentnej inštalácie)
- flexibilita spojená s možnosťou budúceho rozšírenia, či rekonfiguráciou

4.2 Centralizované a decentralizované systémy

Prístupy zbernicových systémov sa delia na dva základné druhy:

- centralizované
- decentralizované (distribúované)

Centralizované systémy využívajú pre celkovú komunikáciu riadiacu jednotku, ktorá určuje čas a poradie komunikácie jednotlivým zariadeniam za účelom prevencie pred kolíziami na vedení, kedy sa snaží komunikovať viac zariadení v rovnakom čase.

V decentralizovanom systéme musí mať každé zariadenie, ktoré je súčasťou zbernice vlastnú riadiacu jednotku s mikropočítačom. Vtedy môžu zariadenia rovnocenne komunikovať medzi sebou priamo, tzv. peer to peer. Jedná sa v podstate o systém založený na princípe stavebnice a kedykoľvek je možné doň pridať ďalšie zariadenie.

Stupeň centralizácie je závislý od rozsahu inteligentných zariadení zodpovedajúcich za riadenie a monitorovanie a počtu ich lokalít. Kombináciou centralizovaných

a decentralizovaných systémov vznikne hybridný systém, ktorého rozsah takisto závisí od hĺbky decentralizácie.

Najviac decentralizované zbernice sú napríklad štandardu EIB, ktorý je proklamovaný ako plne decentralizovaný systém. Avšak v praxi sú, z ekonomického a technického hľadiska, používané akčné členy s modulárnosťou napríklad 2, 4, 8. [27][21]

4.3 Zbernicový systém EIB/KNX

Otvorený systém KNX je nasledovníkom európskej inštalačnej zbernice EIB instabus. Je medzinárodným štandardom pre inteligentné elektroinštalácie, ktoré postupne nahrádzajú tradičné elektroinštalácie. Je v súlade s normami ČSN EN 50090-3-1, ČSN EN 50090-4-1, ČSN EN 50090-4-2, ČSN EN 50090-5-2 a ČSN EN 50090-7-1 a to znamená, že KNX je prvým celosvetovým štandardom pre technológie automatizovaného riadenia v domoch a budovách.

Umožňuje spoločné využitie a kombináciu komponentov rôznych výrobcov a typov, čo je garantované certifikáciou týchto komponentov a značkou KNX. Podporuje tiež všetky bežné prenosové médiá ako TP1, Powerline 110, RF a Ethernet.

Stavitelia a architekti tak majú pri výbere KNX technológie záruku štandardizovaného, medzinárodne uznávaného riešenia. KNX umožňuje ovládať osvetlenie, žalúzie, vykurovanie, vetranie alebo klimatizáciu a mnohé ďalšie funkcie v dome alebo budove.

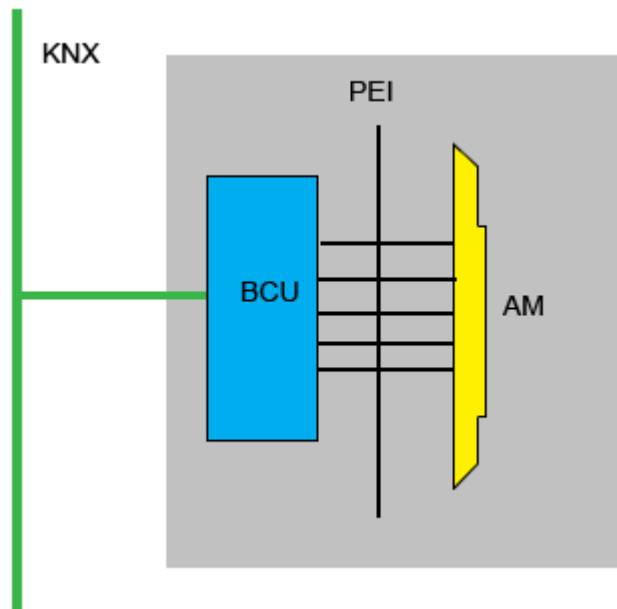
Technológiu KNX/EIB a jej ďalší rozvoj zastrešuje medzinárodná organizácia Konnex. [10]

4.4 Prvky na zbernici

Funkčný účastník na zbernici (napr. stmievací a spínací alebo žalúziový akčný člen a pod.) v princípe pozostáva z troch rôznych častí:

- zbernicová spojka (BCU)
- aplikačný modul (AM)
- aplikačný program (AP)

Aplikačný modul a zbernicová spojka sú ponúkané buď oddelene alebo spoločne v jednom kryte. Obi dva diely musia byť od rovnakého výrobcu. Pri oddelenej dodávke sa zbernicová spojka (BCU) a aplikačný modul spoja prostredníctvom štandardizovaného aplikačného rozhrania PEI.



Obr. 11. Prístroj na zbernici

Niektoré aplikačné moduly môžu byť pripojené iba k určitému typu zbernicovej spojky. Pokiaľ je dodávaná ako samostatná časť zbernicového prístroja, vo väčšine prípadov sa jedná o konštrukciu prístroja pre montáž zapustenú do steny. V prípade prístrojov pre TP1 je spojenie so zbernicou zaistené väčšinou štandardizovanou zbernicovou svorkovnicou (tmavo šedá/červená), pri rozvádzačových prístrojoch kontaktmi a dátovou prípojkou.

Rádiová (RF) zbernicová spojka nie je k dispozícii. KNX RF kompatibilné prístroje sú ako integrované riešenia. Zbernicové spojky sa pripájajú k dvom médiám:

- krútený pár (SELV 32 V)
- Powerline (silnoprúdová sieť)

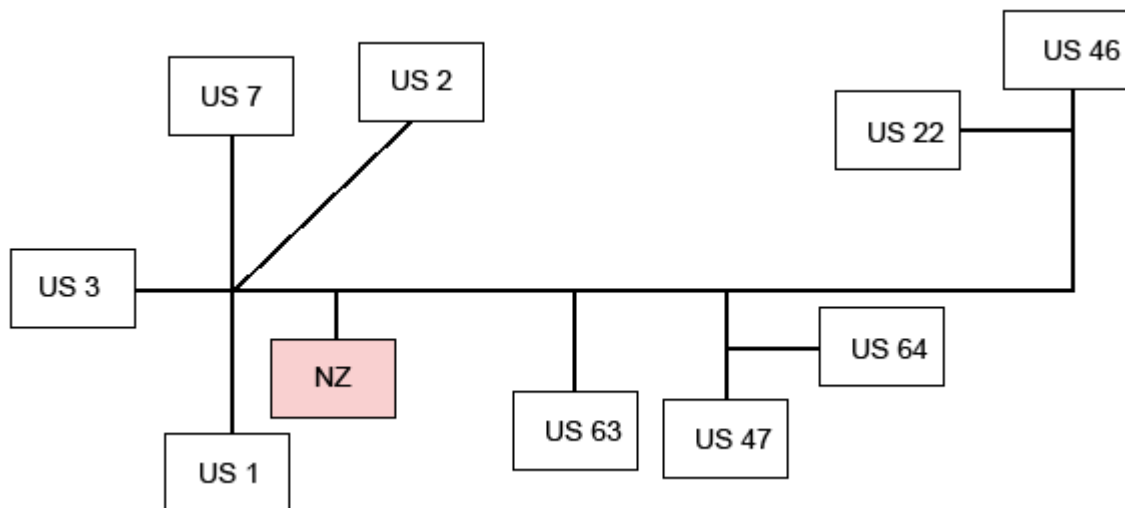
Každý účastník na zbernici má vlastnú inteligenciu integrovanú v BCU. To je dôvod, prečo KNX funguje ako decentralizovaný systém a nepotrebuje centrálnu riadiacu jednotku. Centrálny funkcie (napr. dohľad) je možné v prípade potreby zabezpečiť vizualizačným a kontrolným softvérom SCADA na počítačoch.

Zbernicová spojka KNX sa skladá z dvoch častí. Z kontroléru a prenosového modulu vhodného k pripojenému médiu. Dáta sa ukladajú v rôznych typoch pamätí mikroprocesoru vo vnútri kontroléru.

Systémový softvér je uložený v pamäti typu ROM alebo Flash a nie je možné ho prepísať. Dočasné hodnoty systému a aplikácie sú uložené v pamäti RAM a vymažú sa (pokiaľ nie sú zálohované v pamäti EEPROM alebo Flash proti výpadku napájania). Aplikatívny program, individuálne a skupinové adresy sa ukladajú do EEPROM alebo Flash pamäte a môžu byť prepisované. [10]

4.5 Topológia

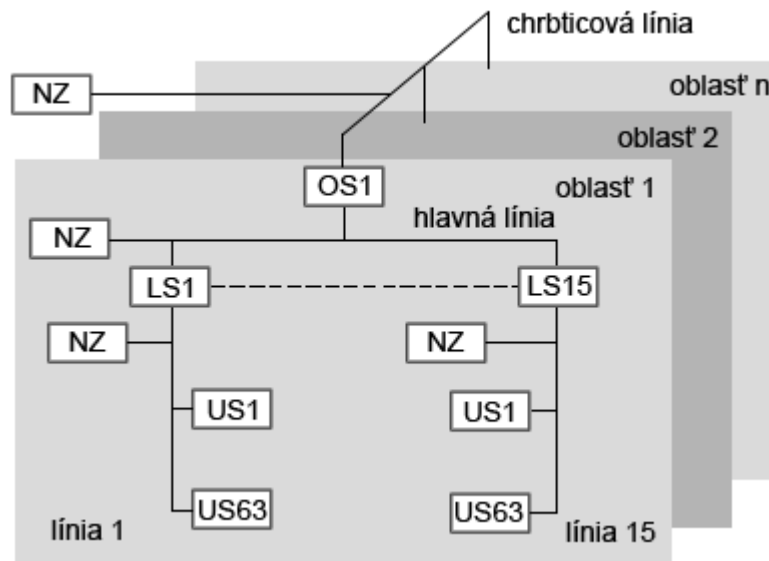
Každý účastník na zbernici (US – zbernicové zariadenie) si môže vymieňať informácie s ktorýmkoľvek iným prístrojom prostredníctvom telegramov. Línia pozostáva z maximálne 4 líniových segmentov vždy s maximálne 64 zariadeniami na zbernici. Každý segment musí byť napájaný vhodným napájacím zdrojom (NZ). Skutočný počet účastníkov závisí od napájacieho zdroja a na ich jednotlivých príkonoch.



Obr. 12. Topológia - línia

V prípade, že bude použitá viac než 1 línia, alebo má byť volená iná štruktúra, je možné vzájomne prepojiť líniovou spojkou až 15 línií na jednu hlavnú líniu. Tá sa označuje ako oblasť. Na hlavnej línii môže byť takisto až 64 účastníkov. Maximálny počet sa zníži o počet použitých líniových spojok. Každá línia, vrátane hlavnej, musí byť

napájaná vlastným napájacím zdrojom. V chrbticovej a ani v žiadnej z hlavných línií sa nesmie použiť žiadny líniový zosilňovač.

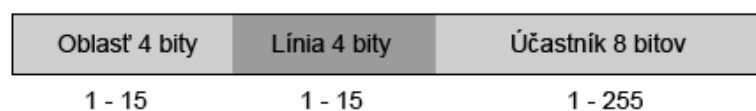


Obr. 13. Topológia – niekoľko oblastí

KNX zbernica môže byť rozširiteľná prostredníctvom chrbticovej línie. Oblastná spojka (OS) spája svoju oblasť s chrbticovou líniou, na ktorej môžu byť takisto zariadenia pripojené na zbernicu. V maximálne 15 oblastiach môže spolupracovať viac než 58000 prístrojov na zbernici. Rozdelením inštalácie KNX do línií a oblastí sa podstatne zvýši prevádzková spoľahlivosť.

K jednoznačnej identifikácii zariadení na zbernici a pre popis ich umiestnenia v topológii slúži individuálna adresa (Obr. 14):

- Oblasť je definovaná prvými štyrmi bitmi. Hodnota 0 adresuje účastníkov na chrbticovej línií.
- Línie sú definované druhými štyrmi bitmi. Hodnota 0 adresuje hlavnú líniu.
- Zbernicové zariadenia vo vnútri línie sú definované poslednými ôsmimi bitmi. Hodnota 0 adresuje líniovú spojku



Obr. 14. Individuálna adresa

Komunikácia medzi zariadeniami v jednej inštalácii prebieha prostredníctvom skupinových adries (15-bitové číslo). Hneď, ako je skupinová adresa určená

v programovacím softvéri ETS, je možné ju vybrať v dvoj, či troj-úrovňovej štruktúre v závislosti od nastavenia ETS. Skupinová adresa 0/0/0 je rezervovaná pre tzv. celoplošné hlásenia (Broadcast) – telegramy určené všetkým účastníkom.

Každú skupinovú adresu je možné účastníkom na zbernici pridelovať ľubovoľne, bez ohľadu na to, v ktorom bode KNX inštalácie je daný účastník k systému pripojený. Akčným členom je možné priradiť niekoľko skupinových adries. Snímače však odosielajú len jednu skupinovú adresu v jednom telegrame. [10][21]

4.6 Typy zbernicových káblov

V rodinných domoch sú využívané hlavne dve prenosové médiá. A to TP1 alebo Powerline 110. Je možná aj ich kombinácia, na ktorú je potrebné použiť mediálne spojky. Podporované prenosové médiá sú uvedené na výrobnom štítku každého zariadenia. [10]

4.6.1 Typ TP1

Káble TP1 (krútená dvojlinka), ktoré spĺňajú požiadavky KNX, napríklad YCYM 2x2x0,8 alebo J-Y(St)Y 2x2x0,8 v prevedení krútenej dvojlinky, môžu byť uznané (bez loga KNX) alebo ich je možné certifikovať v asociácii KNX (s logom). Avšak len zelené štandardizované káble KNX TP garantujú maximálnu dĺžku vedenia línie, maximálnu vzdialenosť medzi dvomi prístrojmi v línii a maximálny počet účastníkov na zbernici v jednej línii.

Všetko je založené na odpore okruhu 72Ω a na parazitnej kapacite okruhu $0,12 \mu\text{F}$ na 1000 m vedenia. U všetkých ostatných káblov musí byť dodržaná maximálna dĺžka, ktorá je zadaná v katalógovom liste kábla.

Tienenie inštalovaných káblov zbernice nie je zvyčajne prepojené.

Pri inštalácii štandardizovaných káblov platia tieto podmienky:

- Použitý pár vodičov:
 - červená – plus
 - čierna – mínus
- Voľný pár vodičov:

- nebude vôbec využitý
- bude použitý pre iné obvody s malým bezpečným napätím SELV

Všetky inštalované zbernicové vedenia sa musia vhodne označiť. [10]

4.6.2 Powerline PL 110

Tento typ vedenia umožňuje prenášať telegramy po sieti 230/400 V AC. Nie je teda nutné samostatné vedenie. Telegramy sa prenášajú po ktoromkoľvek fázovom a strednom vodiči, ktoré musia byť pripojené ku každému prístroju. Systém je prispôsobený prístrojom KNX TP1 a príslušným nástrojom. Preto je napríklad možné nasadiť tlačidlový snímač na zapustenú sieťovú spojku a po zbernicovom vedení (230/400 V) do nej nahrat' aplikačný softvér.

KNX PL 110 dosahuje aj cez nedefinovateľné prenosové vlastnosti elektrickej siete vysokú prenosovú bezpečnosť behom prenosu telegramu. Systém pracuje v poloduplexnom obojsmernom režime.

S ohľadom na nedefinovateľné sieťové pomery sa môže stať, že prenos telegramu bude prerušený. Z tohto dôvodu nie je možné realizovať aplikácie KNX PL 110, u ktorých by vynechanie telegramu malo nepríjemné následky s možnosťou vzniku škôd (výťah, núdzové volanie a pod.). [10]

4.7 TP1 Telegram

Ak nastane nejaká udalosť, napríklad stlačenie tlačidla, tak zariadenie automaticky odosiela na zbernicu tzv. telegram. Odosielanie bude zahájené, pokiaľ nie je zbernica obsadená aspoň po dobu t_1 . Po úplnom odoslaní telegramu majú zbernicové prístroje k dispozícii dobu t_2 k overeniu, či bol telegram prijatý správne. Všetky adresované zbernicové prístroje súčasne potvrdia prijatie telegramu.



Obr. 15. Telegram - všeobecne

Telegram sa skladá zo zbernicovo špecifických údajov a užitočných dát, prostredníctvom ktorých je predávaná informácia o udalosti (napr. stlačenie tlačidla). Celá informácia je pri vysielaní prenášaná po znakoch, vždy po 8 bitoch.

V telegrame sa prenáša tiež kontrolná informácia pre rozpoznanie prenosových chýb. To zaručí veľmi vysokú spoľahlivosť prenosu.



Obr. 16. Telegram - štruktúra

Rýchlosť vysielania telegramu je 9600 bit/s. To znamená, že 1 bit zaneprázdni zbernicu na $1/9600$ s, tzn. 104 μ s. Znak sa skladá z 11 bitov. Spoločne s dobou prestávky (2 bity) medzi dvomi znakmi je doba pre prenos znaku 1,35 ms (13 bitov).

Podľa dĺžky informácie je potrebná doba pre prenos telegramu v trvaní prenosu 8 až 23 znakov, potvrdenie má dĺžku iba 1 znak. S dobou pre zistenie voľnej zbernice t_1 (50 bitov) a odstupom k vyhodnoteniu pre potvrdenie t_2 (13 bitov) zaberie správa na zbernici čas 20 až 40 ms. Spínací telegram (vrátane potvrdenia) zaneprázdni zbernicu na 20 ms. Telegramy pre prenos textu zaberú až 40 ms.

Prijímacie zbernicové zariadenie na základe overovacieho bytu nachádzajúceho sa v telegrame môže skontrolovať správnosť prijatej informácie obsiahnutej v telegrame a príslušne ju potvrdiť

- ak odosielateľ prijme potvrdenie NAK (príjem nebol v poriadku), telegram bude zvyčajne až trikrát opakovaný,
- ak odosielateľ prijme potvrdenie BUSY (zbernica je obsadená), vysielajúci účastník krátku dobu počká a potom vyšle telegram odznovu,
- ak odosielateľ prijme potvrdenie ACK, tak príjem bol správny.

Štandard KNX využíva až 15 dátových typov a 6 príznakov, ktoré sú priradené každému skupinovému objektu a sú to príznaky:

- COMMUNICATION – skupinový objekt je normálne priradený ku zbernici
- READ – hodnotu objektu je možné čítať po zbernici
- WRITE – hodnota objektu môže byť po zbernici zmenená

- TRANSMIT – telegram je prenášaný, keď je zmenená hodnota objektu (snímača)
- UPDATE – hodnota telegramu s odozvou je interpretovaná ako zapisovací príkaz. Hodnota skupinového objektu je aktualizovaná
- READ ON INIT – prístroj nezávisle odosiela Read hodnotu s príkazom pre inicializáciu skupinového objektu po zmene smeru toku prúdu [10]

4.8 Projektovanie s ETS

Pre projektantov a elektroinštalatérov je k dispozícii nástroj ETS (skratka pre Engineering Tool Software) pre plánovanie, projektovanie a uvedenie systému KNX do prevádzky. Existujú štyri verzie ETS:

- Demo: maximálne 1 projekt a 20 zariadení, bez prístupu na zbernicu,
- Trainee: maximálne 1 projekt a 20 zariadení, bez možnosti exportu, inak úplná funkcionálnosť,
- Plná verzia: s kľúčom závislým na PC alebo na PC nezávislom kľúči (dongle),
- Supplementary verzia: dodatočná licencia k plnej verzii pre ďalšie PC či notebook.

Nasledujúce kroky predstavujú principiálny postup pre projektovanie s ETS:

- nutné nastavenie softvéru ETS
- importovanie alebo konverzia databáz zariadení
- založenie projektu, vloženie potrebných údajov a vytvorenie štruktúry projektu
- vloženie prístrojov KNX do štruktúry budovy
- nastavenie parametrov zariadení v súlade s príslušnými požiadavkami pre inštaláciu
- vytvorenie skupinových adries
- prepojenie skupinových objektov so skupinovými adresami
- priradenie projektovaných zariadení KNX k topológii zbernice (konečné stanovenie fyzickej adresy)
- priradenie projektovaných zariadení KNX k vytvoreným funkciám
- prekontrolovanie projektu
- uloženie projektu

Od tohto postupu je možné sa v jednotlivých prípadoch odchýliť. Pri malých projektoch sa môžu niektoré kroky preskočiť, či naopak pri veľkých projektoch sú nutné ešte ďalšie kroky. [10]

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

5 POPIS NAVRHOVANÝCH SYSTÉMOV

Táto časť sa zaoberá návrhom zariadení pre energeticky úsporný dom, čo znamená, že zvolené zariadenia zodpovedajú najnovším trendom v tejto oblasti, kedy chceme dosiahnuť čo najnižšie náklady na prevádzku domu, pričom komfort bývania zostane na vysokej úrovni.

Návrh sa bude týkať vykurovacej sústavy, elektroinštalácie, osvetlenia, prvkov EZS a EPS, ktoré budú spolu komunikovať pomocou inteligentného zbernicového systému KNX.

Zdroj tepla bude primárne zabezpečovať tepelné čerpadlo typu vzduch-voda v bivalentne-paralelnej prevádzke s kondenzačným plynovým kotlom. Prípravu teplej úžitkovej vody bude zabezpečovať takisto tepelné čerpadlo, ktorému bude sekundovať (v prípade poruchy alebo pri nízkych teplotách) plynový kotol. Pre čo najefektívnejšie využívanie alternatívnych zdrojov energie sa na príprave teplej úžitkovej vody budú podieľať aj solárne kolektory.

Elektroinštalácia bude riešená ako inteligentná, ktorá bude využívať benefity prvkov inteligentného osvetlenia, ktoré napomáhajú znižovať náklady na prevádzku a zvyšovať komfort bývania.

O bezpečnosť ľudských životov a majetku sa budú starať prvky elektronického zabezpečovacieho systému (EZS) a prvky elektronickej požiarnej signalizácie (EPS).

Jednotlivé prvky budú pospájané do jedného logického celku umožňujúceho obyvateľom rodinného domu jednoduchú kontrolu a riadenie systémov integrovaných v dome, tzv. SCADA systém. Tieto systémy bude možné ovládať pomocou mobilného telefónu, prípadne pomocou siete Internet.

Na záver bude pre všetky vyššie popísané navrhované systémy vykonané ekonomické zhodnotenie.

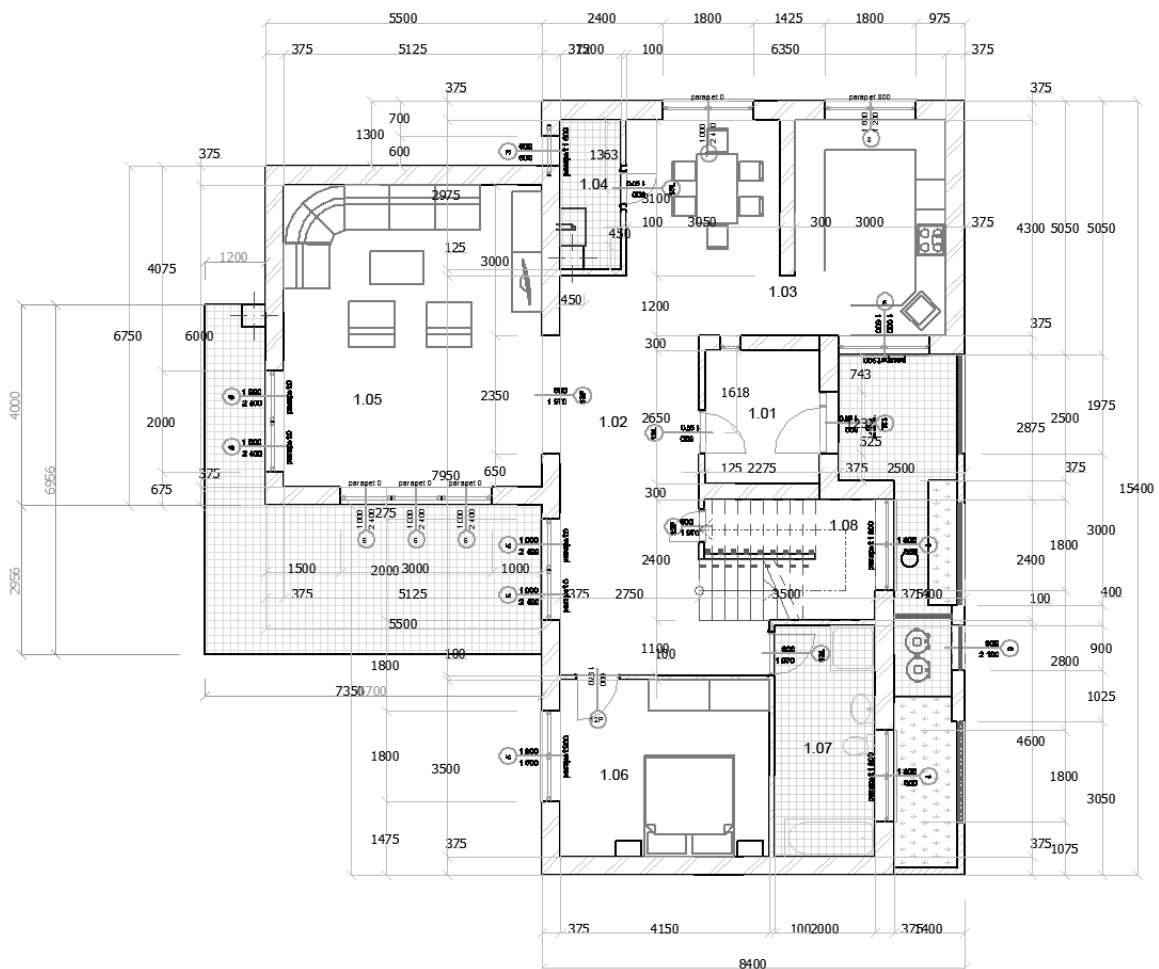
5.1 Popis rodinného domu a okrajové podmienky

Rodinný dom je samostatne stojaci, prízemný, s obytným podkrovím a nepodpivničený. Slúži k celoročnému pobytu štyroch osôb. Najviac presklená miestnosť – prízemná obývací izba je natočená smerom na juh pre čo najvyššie tepelné zisky zo slnečného žiarenia.

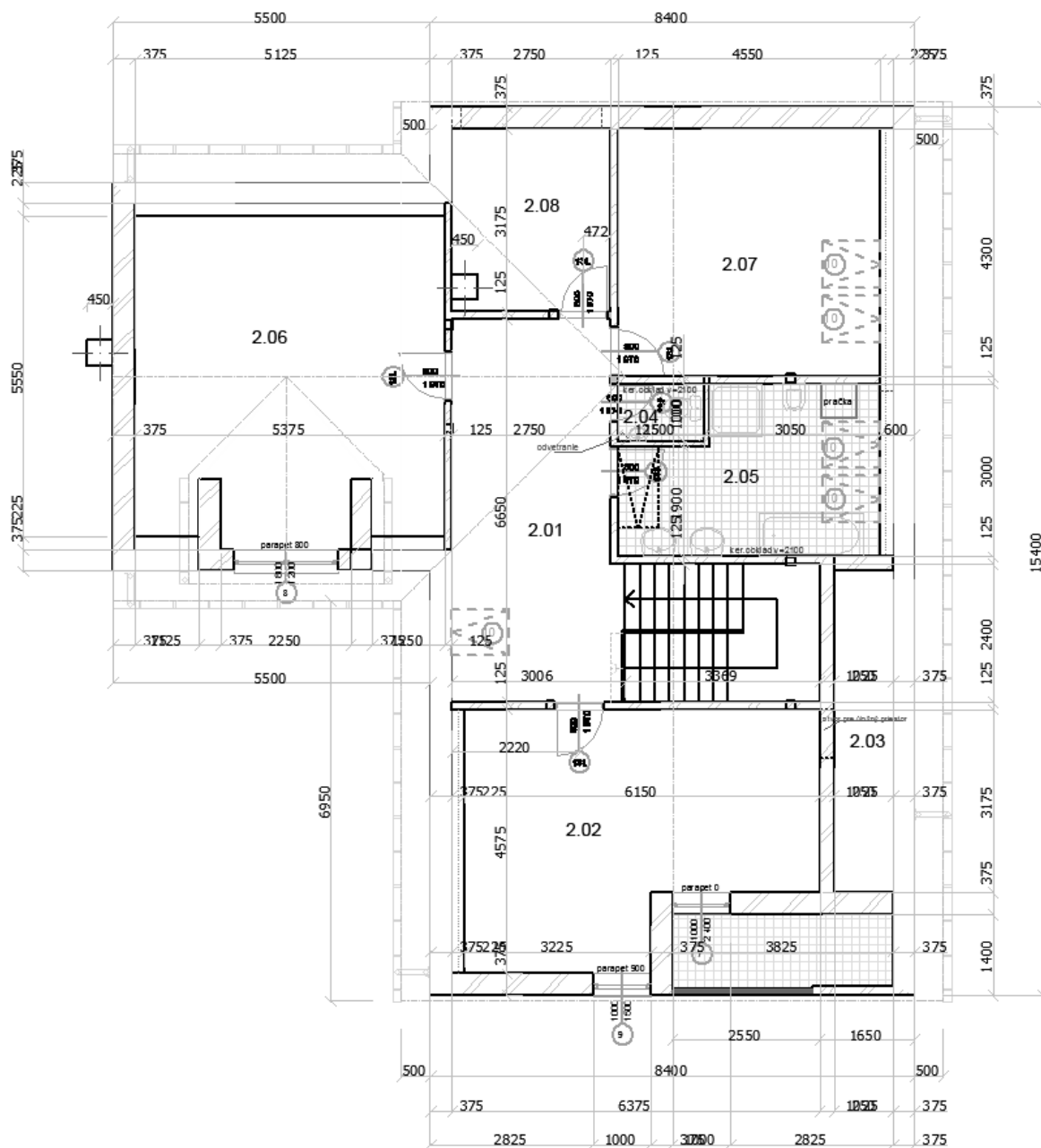
Navrhovaný rodinný dom je novostavba nachádzajúca sa v Maďarsku, v obci Bezenye, v tesnej blízkosti hraníc so Slovenskou republikou a v susedstve s mestom Bratislava. Preto ako okrajové podmienky výpočtu boli zvolené hodnoty pre toto mesto. Tieto hodnoty boli vyčítané z katalógu okrajových podmienok programu Teplo 2010 a sú uvedené v tabuľke (Tab. 8).

Tab. 8. Okrajové podmienky výpočtu

Dĺžka vykurovacieho obdobia	211 dní
Priemerná vonkajšia teplota	4 °C
Celková zastavaná plocha	166,5 m ²
Výška miestností	2,6 m (prízemie) a 2,4 m (podkrovie)
Obstavaná plocha	191,1 m ²
Vykurovaná plocha	219,7 m ²
Priemerná teplota interiéru	20 °C
Vonkajšia výpočtová teplota	-11 °C
Nadmorská výška	142 m.n.m.



Obr. 17. Pôdoris navrhovaného rodinného domu – prízemie



Obr. 18. Pôdoris navrhovaného rodinného domu – podkrovie

5.2 Popis miestností

V tabuľke (Tab. 9) je uvedený popis jednotlivých miestností, kde sú uvedené ich parametre a návrhová teplota (ak je miestnosť vykurovaná). Z týchto hodnôt vychádzajú nasledujúce výpočty tepelných strát.

Tab. 9. Popis miestností

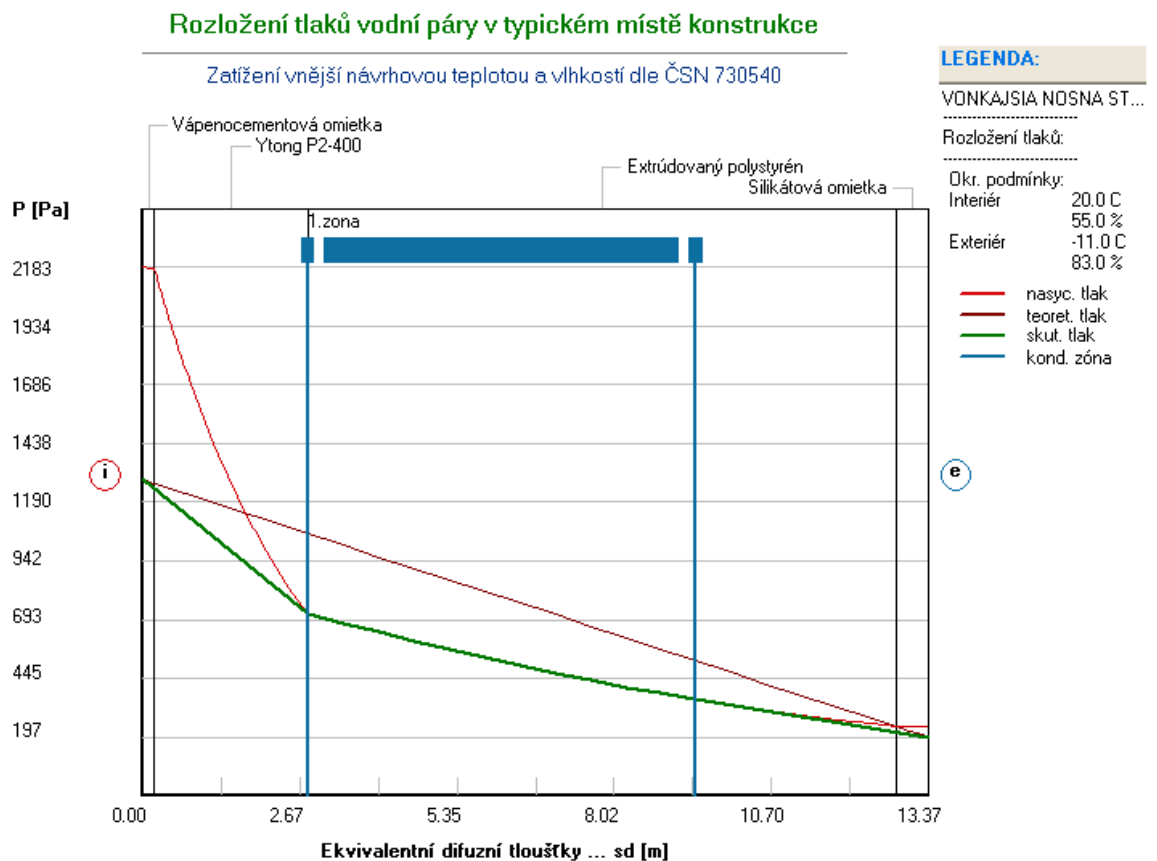
	Číslo miestnosti	Názov	Pôdorná plocha A_i [m ²]	Objem V_i [m ³]	Návrhová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
prízemie	1.01	Zádverie	7,92	15,70	15
	1.02	Chodba	34,33	61,00	20
	1.03	Jedáleň + kuchyňa	31,27	67,00	20
	1.04	Kotolňa	5,10	9,30	nevykurované
	1.05	Obývací izba	39,00	80,00	20
	1.06	Spálňa	18,00	38,00	20
	1.07	Kúpeľňa	12,20	24,00	24
	1.08	Podschie	10,20	10,50	nevykurované
podkrovia	2.01	Chodba	28,23	33,30	20
	2.02	Spálňa	29,00	51,50	20
	2.03	Úložný priestor	9,30	36,00	nevykurované
	2.04	WC	1,80	3,60	20
	2.05	Kúpeľňa	14,50	27,00	24
	2.06	Obývací izba	39,20	65,00	20
	2.07	Pracovňa	25,00	43,00	20
	2.08	Technická miestnosť	11,00	17,50	nevykurované

5.3 Posúdenie konštrukcie obvodovej steny budovy

Obvodová stena budovy musí spĺňať normu ČSN 73 0540-3 [30] z hľadiska kondenzácie vodných pár. Pre stavebnú konštrukciu, u ktorej kondenzácia neohrozí jej požadovanú funkciu, sa požaduje obmedzenie ročného množstva skondenzovanej vodnej pary vo vnútri konštrukcie tak, aby bolo menšie, než množstvo, ktoré sa nestihne z konštrukcie odpariť. V prípade nedodržania tejto požiadavky by sa v obvodovej stene mohla akumulovať počas roka vlhkosť, ktorá môže mať za následok šírenie plesní a narušenie tepelnej pohody.

Výpočty boli realizované v programe Teplo 2010, ktorý spracováva dáta v rámci niekoľkých noriem, konkrétne v tomto prípade podľa normy ČSN 73 0540. Výsledkom je graf a protokol o posúdení stavebnej konštrukcie.

Z grafu (Obr. 19) je viditeľné, že ku kondenzácii prichádza v jednej zóne, ktorá sa nachádza z časti v extrudovanom polystyréne a z časti v ytongu. To však nie je na prekážku, pretože konštrukcia nie je ohrozená prípadnou kondenzáciou a takisto množstvo kondenzátu je $M_{c,a} = 0,089 \text{ kg/m}^2$ za rok, pričom vypariteľné množstvo je až $M_{ev,a} = 0,829 \text{ kg/m}^2$ za rok, čo je niekoľkonásobne viac. Konštrukcia je teda hodnotená ako vyhovujúca.



Obr. 19. Zóna kondenzácie vodných pár

5.4 Výpočet tepelných strát

Z vyššie uvedených údajov je potrebné spočítať tepelné straty objektu a následne z výsledkov navrhnúť vhodný výkon vykurovacieho systému. Výpočet tepelných strát je veľmi dôležitý pri navrhovaní, a to z toho dôvodu, aby bol vykurovací systém navrhnutý optimálne.

Postupuje sa podľa normy ČSN EN 12831 [32] nasledovne:

- a) stanovenie hodnoty výpočtovej vonkajšej teploty a priemernej ročnej teploty;

- b) stanovenie stavu každého priestoru (vykurovaný alebo nevykurovaný) a hodnôt pre výpočtovú vnútornú teplotu každého priestoru;
- c) stanovenie rozmerových a tepelných vlastností pre všetky stavebné časti a pre každý vykurovaný a nevykurovaný priestor;
- d) výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát prestupom a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát prestupom vykurovaného priestoru;
- e) výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát vetraním a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát vetraním vykurovaného priestoru;
- f) stanovenie celkovej návrhovej tepelnej straty vykurovaného priestoru sčítaním návrhových tepelných strát prestupom a návrhových tepelných strát vetraním;
- g) stanovenie návrhového celkového tepelného výkonu sčítaním celkových návrhových tepelných strát.

Pri podlahovom vykurovaní nie je potrebné počítať zátopový výkon, pretože vykurovanie bude neprerušované a tým pádom nie je potrebné počítať s dodatočným výkonom na vyrovnanie strát prerušovaným vykurovaním.

Norma ďalej definuje štandardné prípady pre výpočet, ktoré zahŕňajú všetky budovy s obmedzenou výškou miestnosti (maximálne 5m) a s vykurovaním do ustáleného stavu pri návrhových podmienkach.

Výpočet bol realizovaný v programe Ztráty 2010, v ktorom je výpočet veľmi komfortný a relatívne rýchly, pričom parametre výpočtu je možné nastaviť do najmenšieho detailu. Postup výpočtu je v súlade s normami ČSN EN 12831 a ČSN 730540.

5.4.1 Skladba konštrukcií

Rozborom konštrukcie je možné spočítať jej súčiniteľ prestupu tepla, U_k . Pre jeho výpočet je potrebné poznať buď súčiniteľ tepelnej vodivosti λ , či hodnotu tepelného odporu, R . Jedna z týchto veličín je vždy udávaná výrobcom v katalógu. Prípadne je možné dohľadať hodnoty pre konkrétny materiál alebo jeho ekvivalent v norme ČSN 73 0540-3 [30]. Hodnota tepelného odporu sa vypočíta pomocou vzťahu

$$R_i = \frac{\lambda_i}{d_i} [(m^2 \cdot K)/W] \quad (7)$$

R_i – tepelný odpor i-tej vrstvy [(m².K)/W]

λ_i – súčiniteľ tepelnej vodivosti i-tej vrstvy [W/(m.K)]

d – hrúbka i-tej vrstvy [m]

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (8)$$

U_k – súčiniteľ prestupu tepla [(m².K)/W]

R_{si} – odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie [(m².K)/W]

R_{se} – odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie [(m².K)/W]

d – hrúbka vrstvy [m]

λ – súčiniteľ tepelnej vodivosti vrstvy [W/(m.K)]

V nasledujúcej tabuľke (Tab. 10) sú uvedené aktuálne, požadované a doporučené hodnoty súčiniteľu prestupu tepla pre budovy s prevažujúcou návrhovou vnútornou teplotou θ_{im} v intervale 18°C až 22°C vrátane. Hodnoty v tabuľke sú vyňaté z noriem ČSN 73 0540-2 [29] a ČSN 73 0540-3 [30].

Tab. 10. Hodnoty súčiniteľu prestupu tepla konštrukcií

Popis konštrukcie	Súčiniteľ prestupu tepla [W/(m.K)]			
	hrúbka [m]	Aktuálne hodnoty U_k	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$
Obvodová stena	0,500	0,140	0,300	0,200
Vnútorná nosná stena	0,320	0,370	2,700	1,800
Vnútorná nosná stena	0,270	0,440	2,700	1,800
Vnútorná deliaca stena	0,145	0,980	2,700	1,800
Vnútorná deliaca stena	0,120	1,170	2,700	1,800
Podlaha v styku so zeminou	0,548	0,280	0,450	0,300
Strop	0,415	0,390	2,200	1,450
Strecha	0,334	0,120	0,240	0,160
Vchodové dvere	-	1,100	1,700	1,200
Interiérové dvere	-	2,000	-	-
Plastové okná	-	1,100	1,700	1,200
Balkónové dvere	-	1,100	1,700	1,200
Strešné okná	-	1,200	1,400	1,100

Zo všetkých vyššie uvedených hodnôt sa už dá spočítať celková návrhová strata vykurovaného priestoru, ktorá vedie na dimenzovanie výkonu vykurovacej sústavy. Výpočet je realizovaný na základe normy ČSN EN 12831 [32].

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]} \quad (9)$$

$\Phi_{T,i}$ – návrhová tepelná strata prestupom tepla i-teho vykurovaného priestoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – návrhová tepelná strata vetraním i-teho vykurovaného priestoru [W]

5.4.2 Tepelné straty do vonkajšieho prostredia

Súčiniteľ tepelnej straty z vykurovaného do vonkajšieho prostredia, $H_{T,ie}$, zahŕňa všetky stavebné časti a lineárne tepelné mosty, ktoré oddeľujú vykurovaný priestor od vonkajšieho prostredia ako sú steny, podlaha, strop, dvere a okná. Rozhodujúcim faktorom, ktorý má vplyv na výsledné tepelné straty do exteriéru je kvalita použitých stavebných konštrukcií, resp. ich súčiniteľ prestupu tepla, ktorý by mal byť čo najmenší. Taktiež je vo výpočte zahrnutá strata či zisk prestupom medzi rôzne vykurovanými priestormi. [32]

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \text{ [W/K]} \quad (10)$$

A_k – plocha stavebnej časti [m^2]

U_{kc} – korigovaný súčiniteľ prestupu tepla stavebnou časťou, ktorý zahŕňa lineárne tepelné mosty [$W/(m^2 \cdot K)$]

e_k – korekčný činiteľ vystavenia poveternostným vplyvom pri uvažovaní klimatických vplyvov ako je rôzne oslnenie, pohlcovanie vlhkosti stavebnými dielmi, rýchlosť vetra a teplota, pokiaľ tieto vplyvy neboli uvažované pri stanovení U – hodnôt. Základná hodnota pre korekčné činitele je $e_k = 1$.

Ďalej bola použitá zjednodušená metóda pre výpočet lineárnych tepelných strát. Podľa ČSN EN 12831 [32].

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \text{ [W/(m}^2 \cdot K)] \quad (11)$$

U_k – súčiniteľ prestupu tepla k-tej stavebnej časti [$W/(m^2.K)$]

ΔU_{tb} – korekčný súčiniteľ, závislý na druhu stavebnej časti. Hodnoty sú uvedené v tabuľke v prílohe P II a sú vyňaté z normy ČSN EN 12831 [32].

Hodnoty vypočítaných tepelných strát jednotlivých miestností sú uvedené v tabuľke (Tab. 11).

Tab. 11. Tepelné straty do vonkajšieho prostredia

	Miestnosť č.	Názov	Tepelná strata $\Phi_{T,i}$ [W]
prízemie	1.01	Zádverie	107
	1.02	Chodba	597
	1.03	Jedáleň + kuchyňa	652
	1.04	Kotolňa	6
	1.05	Obývacía izba	845
	1.06	Spáľňa	322
	1.07	Kúpeľňa	433
	1.08	Podschie	-19
podkrovia	2.01	Chodba	288
	2.02	Spáľňa	637
	2.03	Úložný priestor	89
	2.04	WC	9
	2.05	Kúpeľňa	269
	2.06	Obývacía izba	445
	2.07	Pracovňa	227
	2.08	Technická miestnosť	102
		celkom	5009

5.4.3 Tepelné straty vetraním

Tepelná strata vetraním tvorí druhú časť z celkových tepelných strát budovy. Postupným zvyšovaním kvality tepelnoizolačných vlastností stavebných materiálov získava stále väčší význam a v dnešnej dobe je zvyčajne rovnako veľká, prípadne väčšia, než tepelná strata prechodom tepla.

V tomto návrhu sa počíta iba s prirodzeným vetraním pomocou okien a dverí, preto privádzaný čerstvý vzduch bude mať hodnoty vonkajšieho vzduchu. Tepelná strata potom bude úmerná rozdielu vnútornej výpočtovej teploty a vonkajšej teploty.

Návrhová tepelná strata vetraním sa počíta v súlade s normou ČSN EN 12831 [32].

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (12)$$

$H_{V,i}$ – súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním [W/K]

$\theta_{int,i}$ – výpočtová vnútorná teplota vykurovaného priestoru [°C]

θ_e – výpočtová vonkajšia teplota [°C]

Pri predpoklade konštantnej hustoty vetracieho vzduchu ρ a mernej tepelnej kapacity c_p , sa súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním spočíta vzťahom

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{min,i} \text{ [W/K]} \quad (13)$$

$\dot{V}_{min,i}$ – minimálna výmena vzduchu požadovaná z hygienických dôvodov [m³/h]

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (14)$$

n_{min} – minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu za hodinu [1/h]

V_i – objem vykurovanej miestnosti vypočítaný z vnútorných rozmerov [m³]

Hodnota minimálnej intenzity výmeny vonkajšieho vzduchu, n_{min} , je stanovená z normy ČSN EN 12831 [32] pre obytné miestnosti na hodnotu 0,5 1/h. To znamená, že za dve hodiny sa vymení celý objem vzduchu v miestnosti. Pre kuchyňu a kúpeľňu je podľa normy stanovená hodnota $n_{min} = 1,5$ 1/h.

V tabuľke (Tab. 12) sú uvedené jednotlivé miestnosti spolu s navrhovanou intenzitou vetrania a vypočítanou tepelnou stratou vetraním.

Tab. 12. Tepelné straty vetraním

	Číslo miestnosti	Názov	Intenzita vetrania n [h ⁻¹]	Tepelná strata $\Phi_{V,i}$ [W]
prízemie	1.01	Zádverie	0,5	56
	1.02	Chodba	0,5	321
	1.03	Jedáleň + kuchyňa	1,5	1059
	1.04	Kotolňa	0,5	17
	1.05	Obývací izba	0,5	422
	1.06	Spálňa	0,5	200
	1.07	Kúpeľňa	1,5	477
	1.08	Podschie	0,5	37
podkrovia	2.01	Chodba	0,5	175
	2.02	Spálňa	0,5	271
	2.03	Úložný priestor	0,5	190
	2.04	WC	0,5	19
	2.05	Kúpeľňa	1,5	537
	2.06	Obývací izba	0,5	343
	2.07	Pracovňa	0,5	227
	2.08	Technická miestnosť	0,5	92
		celkom		4443

5.4.4 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon sa počíta pre vykurovaný priestor, pre funkčnú časť budovy, pre celú budovu, pre stanovenie tepelného výkonu pre dimenzovanie vykurovacieho telesa, výmenníku tepla, zdroja tepla, atď.

Sumou vyššie uvedených strát je možné nakoniec vypočítať celkovú tepelnú stratu budovy a podľa tejto celkovej straty je možné dimenzovať výkon zdroja tepla pre vykurovanie.

Tepelný výkon pre vykurovaný priestor sa vypočíta podľa vzťahu

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]} \quad (15)$$

$\Phi_{T,i}$ – tepelná strata prestupom tepla vykurovaného priestoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – tepelná strata vetraním vykurovaného priestoru [W]

V tabuľke (Tab. 13) sú uvedené tepelné straty prechodom a tepelné straty vetraním v jednotlivých miestnostiach a ich súčtom spočítaná celková tepelná strata jednotlivých miestností.

Tab. 13. Celkové tepelné straty

	Číslo miestnosti	Názov	Tepelná strata prechodom $\Phi_{T,i}$ [W]	Tepelná strata vetraním $\Phi_{V,i}$ [W]	Celková tepelná strata $\Phi_{HL,i}$ [W]
prízemie	1.01	Zádverie	107	56	163
	1.02	Chodba	597	321	918
	1.03	Jedáleň + kuchyňa	652	1059	1711
	1.04	Kotolňa	6	17	23
	1.05	Obývacía izba	845	422	1267
	1.06	Spálňa	322	200	522
	1.07	Kúpeľňa	433	477	910
	1.08	Podschie	-19	37	18
podkrovie	2.01	Chodba	288	175	463
	2.02	Spálňa	637	271	908
	2.03	Úložný priestor	89	190	279
	2.04	WC	9	19	28
	2.05	Kúpeľňa	269	537	806
	2.06	Obývacía izba	445	343	788
	2.07	Pracovňa	227	227	454
	2.08	Technická miestnosť	102	92	194
			celkom	9452	

5.5 Energetický štítok obálky budovy

Energetický štítok obálky budovy graficky vyjadruje stavebno-energetické vlastnosti konštrukcie domu. Umožňuje jednoduché porovnanie budov z hľadiska kvality obalových konštrukcií. Je možné podľa neho spočítať približné náklady spojené s prevádzkou budovy. Hodnotí iba kvalitu parametrov obvodových konštrukcií budovy (vonkajšie steny, otvorové výplne, podlahu v styku so zeminou, atď.).

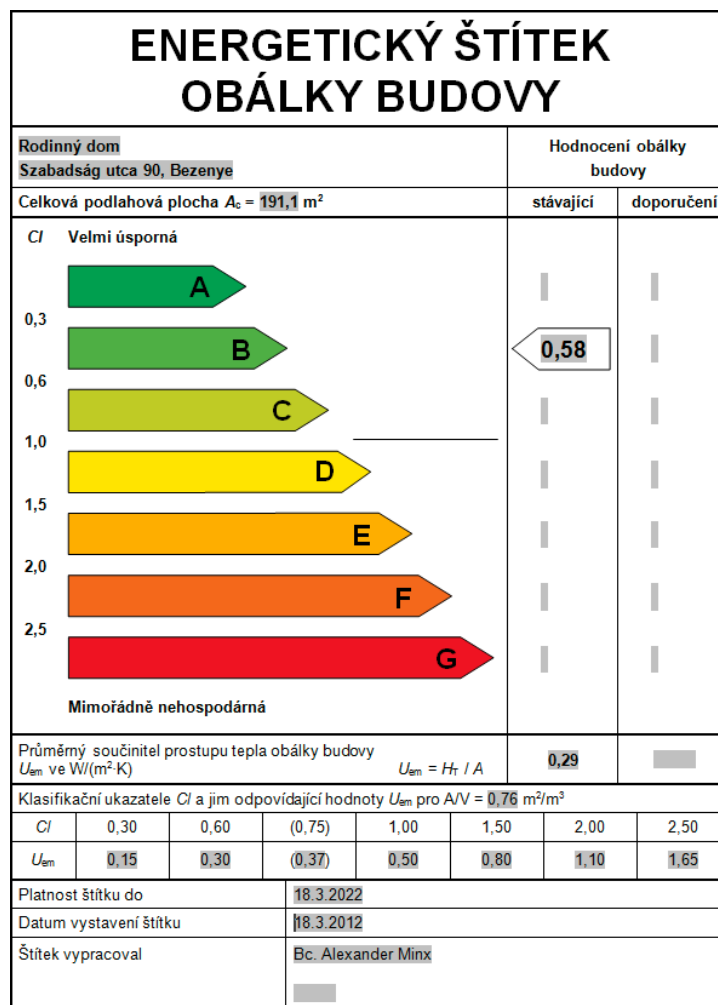
Rozdeľuje budovy do siedmich kategórií. Od veľmi úsporných – kategória A, až po mimoriadne nevhodné – kategória G. Novo postavené domy by nemali spadať do kategórie horšej ako C. Trieda A patrí pasívnym domom, trieda B nízkoenergetickým domom. Triedy D a E zodpovedajú priemerným hodnotám do roku 2006.

Rozhodujícím prvkem při klasifikácii je priemerný súčiniteľ prestupu tepla U_{em} , ktorý sa porovnáva s požadovaným priemerným súčiniteľom prestupu tepla daným normou. Vypočíta sa zo vzťahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (16)$$

H_T – merná strata prestupom tepla podľa ČSN EN ISO 13789 stanovená zo súčiniteľov prestupu tepla všetkých teplosmenných konštrukcií tvoriacich obálku budovy danú vonkajšími rozmermi, ich plochou určenou z vonkajších rozmerov a im zodpovedajúcimi teplotnými redukčnými súčiniteľmi [W/K]

A – teplosmenná plocha obálky budovy, vypočítaná súčtom čiastkových plôch [m^2].



Obr. 20. Energetický štítok obálky navrhovaného RD

Energetický štítok obálky budovy pre navrhovaný rodinný dom bol počítaný podľa normy ČSN 73 0540-2 [29] (pomocou programu Ztráty 2010), podľa ktorej táto budova spadá do kategórie B - nízkoenergetický dom, s hodnotou priemerného súčiniteľa prestupu tepla obálkou, $U_{em} = 0,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

5.6 Výpočet tepelných ziskov

Výpočet tepelných ziskov je potrebný pri návrhu klimatizácie či chladenia objektu a tým pádom na udržanie tepelnej pohody v letnom období, kedy vonkajšia teplota dosahuje až 32°C.

Je to možné buď ručným výpočtom alebo napríklad pomocou programu Qpro, ktorý výpočet značne urýchli. Výpočet je v súlade s normou ČSN 73 0548, ktorá síce uvádza, že maximálnym výpočtovým stavom je letné obdobie (21. júna, 13:00 hod.), ale v skutočnosti maximum nemusí nastať presne v tomto období. Závisí od usporiadania a umiestnenia objektu, prípadne ďalších výpočtových dát. Výpočet potom prebieha tak, že sa tepelné zisky spočítajú pre celý rok a získané dáta sa podrobia analýze s cieľom aplikácie najvhodnejších údajov pri návrhu technického riešenia a ďalšieho dimenzovania zariadení.

Najväčší podiel na tepelných ziskoch má energia získaná zo slnečného žiarenia dopadajúceho na dom (tepelná záťaž oknami, stenami). Minoritnými, avšak nezanedbateľnými, zložkami tepelných ziskov sú taktiež zisky od domácich spotrebičov, od ľudí, od osvetlenia a pod.

V prílohe P III je uvedená tabuľka, z ktorej sa dá odčítať maximálna hodnota tepelnej záťaže. Prípadá na mesiac august a 16:00 hod. Má hodnotu 8094 W.

6 NÁVRH VYKUROVACÍCH A CHLADIACICH SYSTÉMOV

Ako bolo spomenuté v úvode predchádzajúcej kapitoly, tak hlavným tepelným zdrojom je tepelné čerpadlo typu vzduch/voda, v bivalentne-paralelnej prevádzke spolu s kondenzačným plynovým kotlom, kedy pri veľmi nízkych vonkajších teplotách nie je tepelné čerpadlo schopné pokryť celkové tepelné straty. Výkon tepelného čerpadla je dimenzovaný tak, aby pokrylo v prechodnom období celý vykurovací výkon. Pri zvýšenej potrebe tepla zapne regulátor do prevádzky druhý zdroj tepla. Vysoký počet prevádzkových hodín tepelného čerpadla vedie k výrazným úsporám. Dodatočne sa zlepšuje účinnosť druhého zdroja tepla zamedzením krátkych časov chodu horáka, v tomto prípade kondenzačného plynového kotla.

Celá vykurovacia sústava je navrhnutá ako nízkoteplotná, preto výstupná teplota z tepelného čerpadla nepresiahne 35°C, čo v praxi znamená prácu s jeho najvyššou účinnosťou.

6.1 Výber plynového kondenzačného kotla

Kotol by mal pokrývať celý vykurovací výkon a to hlavne v prípade poruchy tepelného čerpadla. Preto zvolený plynový kondenzačný kotol je od firmy Buderus, typ Logamax plus GB022.

Výrobca deklaruje až 15% úsporu plynu oproti klasickým cirkulačným kotlom. Pomocou modernej kondenzačnej techniky dosahuje normovaný stupeň účinnosti až 107 %.

Pre šetrenie energie a redukciu štartov horáka slúži veľký modulačný rozsah od 25 do 100 %, čo znamená 6 až 24 kW. Pri požiadavke na zvýšenie výkonu pri príprave TÚV je možné zvýšiť modulačný rozsah až do 28 kW. To znamená trvalý odber TÚV až 11 l/min pri teplote 45°C, či 7,8 l pri teplote 60°C. [18]

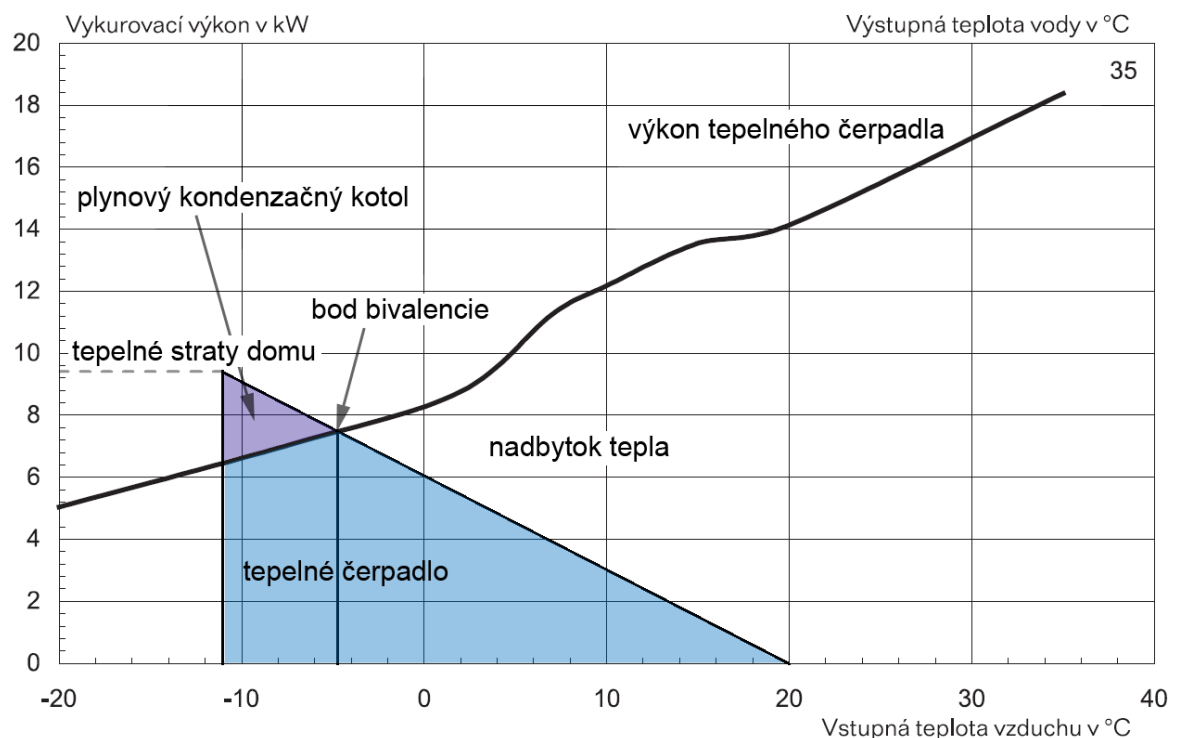
6.2 Výber tepelného čerpadla

Pri návrhu tepelného čerpadla je potrebné splňať určité predpoklady. Hlavným predpokladom je použitie nízkoteplotného vykurovacieho systému, čo je splnené. Ďalším

predpokladom je dostatočný priestor na umiestnenie tepelného čerpadla. Výhodou je to, že sa vyrábajú v prevedení rovnako pre interiér ako aj exteriér. Tento návrh počíta s umiestnením tepelného čerpadla do exteriéru kvôli nedostatočnému priestoru v objekte. A nakoniec je potrebná dostatočná kapacita elektrickej prípojky.

Zvolené je tepelné čerpadlo Buderus WPL 80 ARR s výkonom 8,8 kW s výkonovým číslom 3,2 pri vonkajšej teplote 2°C a teplotou výstupnej vody 35°C. Rodinný dom má pri návrhovej vonkajšej teplote -11°C stratu asi 9,5 kW, z ktorých tepelné čerpadlo pokryje až 6,5 kW, čo predstavuje asi 68%. Ostatné straty vykryje plynový kondenzačný kotol v bivalentne-parallelnej prevádzke. Kotol sa zapína asi pri -4,2°C (bod bivalencie) kedy už tepelné čerpadlo nedokáže vykryť tepelné straty domu.

Výhodou tohto tepelného čerpadla je možnosť reverzácie. Čiže v lete je ním možné dom chladit'. Pri vonkajšej teplote 35°C a výstupnej teplote vody 18°C má tepelné čerpadlo chladiaci výkon 9,5 kW s výkonovým číslom 2,5. Tento výkon plne dostačuje na vykrytie letných tepelných ziskov.



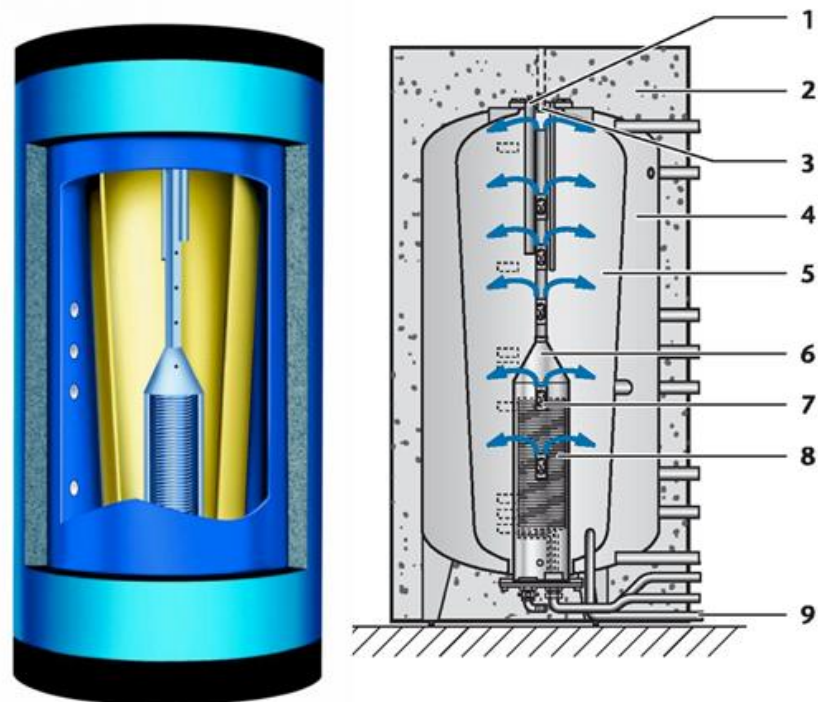
Obr. 21. Charakteristika tepelného čerpadla

6.3 Výber zásobníka TUV a akumuláčnej nádrže

Pri výbere zásobníka treba dbať na to, aby pohotovostná časť zásobníka na pitnú vodu zodpovedala užívateľskému správaniu resp. návykom užívateľa. Popri dostatočnej zásobe teplej vody treba pri zariadení na ohrev pitnej vody a podporu vykurovania zohľadniť aj teplotné nároky budovy.

Zásobník je navrhnutý pre 4-člennú domácnosť, kedy priemerná spotreba teplej vody na jednu osobu je 50 l. V spotrebe teplej vody je potrebné zohľadniť spotrebu teplej vody práčkou, či umývačkou riadu 50 l/spotrebič. Čiže výsledná požiadavka na veľkosť zásobníku TUV činí 300 l.

Túto požiadavku spĺňa termosifónový kombinovaný zásobník Buderus Logalux PL750/2S. Kombinovaný zásobník je koncipovaný pre solárny ohrev pitnej vody v kombinácii so solárnym podporovaním vykurovania. Má vnútorné kónické teleso pre ohrev teplej úžitkovej vody. Teplovodná rúra, ktorá je obklopená pitnou vodou, je umiestnená po celej výške zásobníka a má v sebe zabudovaný solárny výmenník tepla. Prostredníctvom tohto zariadenia pre vrstvomé plnenie možno zásobník pitnej vody dobíjať podľa termosifónového princípu. Takto sa pri dostatočnej intenzite slnečného žiarenia dosiahne v zásobníku pitnej vody využiteľná teplotná úroveň už po krátkom čase. Zásobník pitnej vody je umiestnený priamo v dobíjacom zásobníku, ktorý sa zohrieva v závislosti od stavu nabíjania (ohrevu) vrstiev vo vnútornom telese. Zásobník a jeho vnútorné usporiadanie je pre lepšiu predstavu zobrazené na obrázku (Obr. 22).



Obr. 22. Termosifónový kombinovaný zásobník Logalux PL750/2S

Vysvetlivky k obrázku (Obr. 22):

- 1) magnéziová anóda
- 2) tepelná izolácia
- 3) výstup teplej vody
- 4) dobíjací zásobník
- 5) kónické vnútorné teleso
- 6) teplovodná rúra
- 7) samotiažne klapky
- 8) solárny výmenník tepla
- 9) prívod studenej vody

6.3.1 Termosifónový princíp

Ak sa voda zohreje napríklad iba na teplotu 30°C, tak vystúpi iba do vrstvy, ktorá má tú istú teplotu. Voda prúdi cez otvorené samotiažne klapky do zásobníka a zohreje príslušnú oblasť. Výtok zo samotiažnych klapiek zastaví ďalší vzostup vody v teplovodnej rúre a znemožní tak zmiešanie s vodou z vrstiev, ktoré majú vyššiu teplotu.

6.4 Návrh solárneho systému

Pri vhodnom nadimenzovaní dokáže solárne zariadenie pokryť až 30 % celkovej ročnej spotreby tepelnej energie na ohrev pitnej vody a vykurovanie. V letnom období je možné spotrebu energie na ohrev pitnej vody úplne pokryť prostredníctvom solárneho zariadenia. Spotrebu teplej vody v dome však musí dokázať pokryť konvenčný zdroj tepla nezávisle od solárneho zariadenia. Aj v obdobiach, počas ktorých je počasie nepriaznivé, musí byť spoľahlivo zabezpečený príslušný komfort spotreby.

Na určenie optimálnej veľkosti plochy kolektorov, zásobníka a kompletnej stanice pre zariadenia so solárnymi kolektormi pre ohrev pitnej vody majú vplyv nasledujúce faktory:

- poloha (lokalita)
- sklon strechy (uhol sklonu kolektorov)
- orientácia strechy (južné smerovanie kolektorov)
- profil spotreby teplej vody.

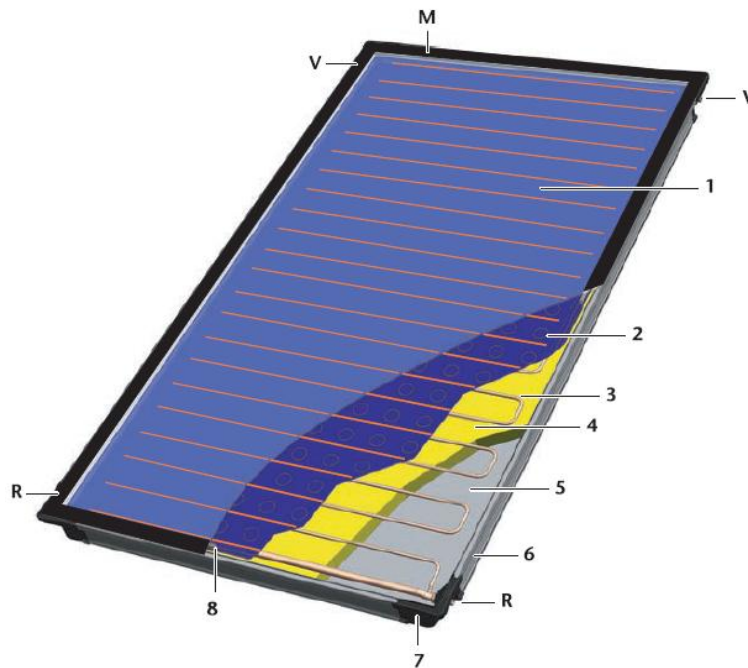
Kolektory sú od výrobcu Buderus, typ Logasol SKS4.0. Podľa približnej dennej spotreby teplej vody v domácnosti, asi 300 l, ktorú spotrebujú 4 osoby, vrátane spotrebičov ako umývačka riadu či práčka, je potrebný počet kolektorov približne 2,8. Preto sa volí počet kolektorov 3 ako energetické optimum. Tento počet je mierne predimenzovaný, čo však nevádi. Teplo je odovzdávané v kombinovanom zásobníku a je zužitkované na predohrev teplej úžitkovej vody, či vody na vykurovanie. Na kolektor by malo, podľa výrobcu, pripadať 100 l objemu zásobníka, aby sa udržali nízke stagnačné časy, čo zvolený zásobník spĺňa.

Výrobcom udaný energetický úžitok je $>525 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Z toho vyplýva, že celkový ročný výkon troch kolektorov (pri ploche $2,1 \text{ m}^2/\text{kolektor}$) bude činiť minimálne

$$E_{kol} = 2,1 \cdot 3 \cdot 525 = 3307 \text{ kWh} \quad (17)$$

Optimálny uhol sklonu solárnych kolektorov výrobca udáva 30° až 45° a natočenie strechy domu smerom na juh. Strecha domu má sklon 45° a natočenie vzhľadom na juh je 23° s vychýlením smerom na západ. Preto je pri spočítaní výkonu nutné použiť korekčný súčiniteľ, ktorý má hodnotu 1,168. Hodnotu súčiniteľa je možné dohľadať v projekčných podkladoch od výrobcu [13]. Potom počet kolektorov bude $2,8 \cdot 1,015 = 2,842$. Takže tri kolektory budú postačovať.

Spotreba tepla pre ohriatie vody pre štyroch ľudí, vrátane spotrebičov je podľa normy ČSN EN 06 0320 [33] približne 25,8 kWh za deň. Tri kolektory SKS4.0 sú schopné dodať výkon o veľkosti až 9 kWh za priaznivého počasia, čo predstavuje asi 35 % pokrytie požiadavky na teplú vodu. Solárne kolektory budú zapojené paralelne pre dosiahnutie čo najvyšších solárnych ziskov.



Obr. 23. Konštrukcia plochého kolektora Logasol SKS4.0

R – solárna spiatočka

V – solárny výstup

M – miesto merania (ponorné puzdro pre snímač)

1 – sklenený kryt

2 – celoplošný absorbér

3 – dvojité meander

4 – tepelná izolácia

5 – zadná stena obalu

6 – sklolaminátový rámov

7 – plastový rohový odliatok

8 – obvodový spoj

6.4.1 Použitie Drain-back systému

Bežné solárne zariadenia sú chránené proti mrazu tak, že sú stále naplnené solárnou látkou. To môže v lete pri maximálnej teplote, počas dovolenky alebo pri výpadku elektrického prúdu spôsobiť prehriatie. Ak stúpne tlak príliš vysoko, (napr. pri nesprávne dimenzovanej membránovej expanznej nádobe) možno prostredníctvom poistného ventilu solárnu látku vypustiť. Potom je však nutné vykonať údržbu zariadenia.

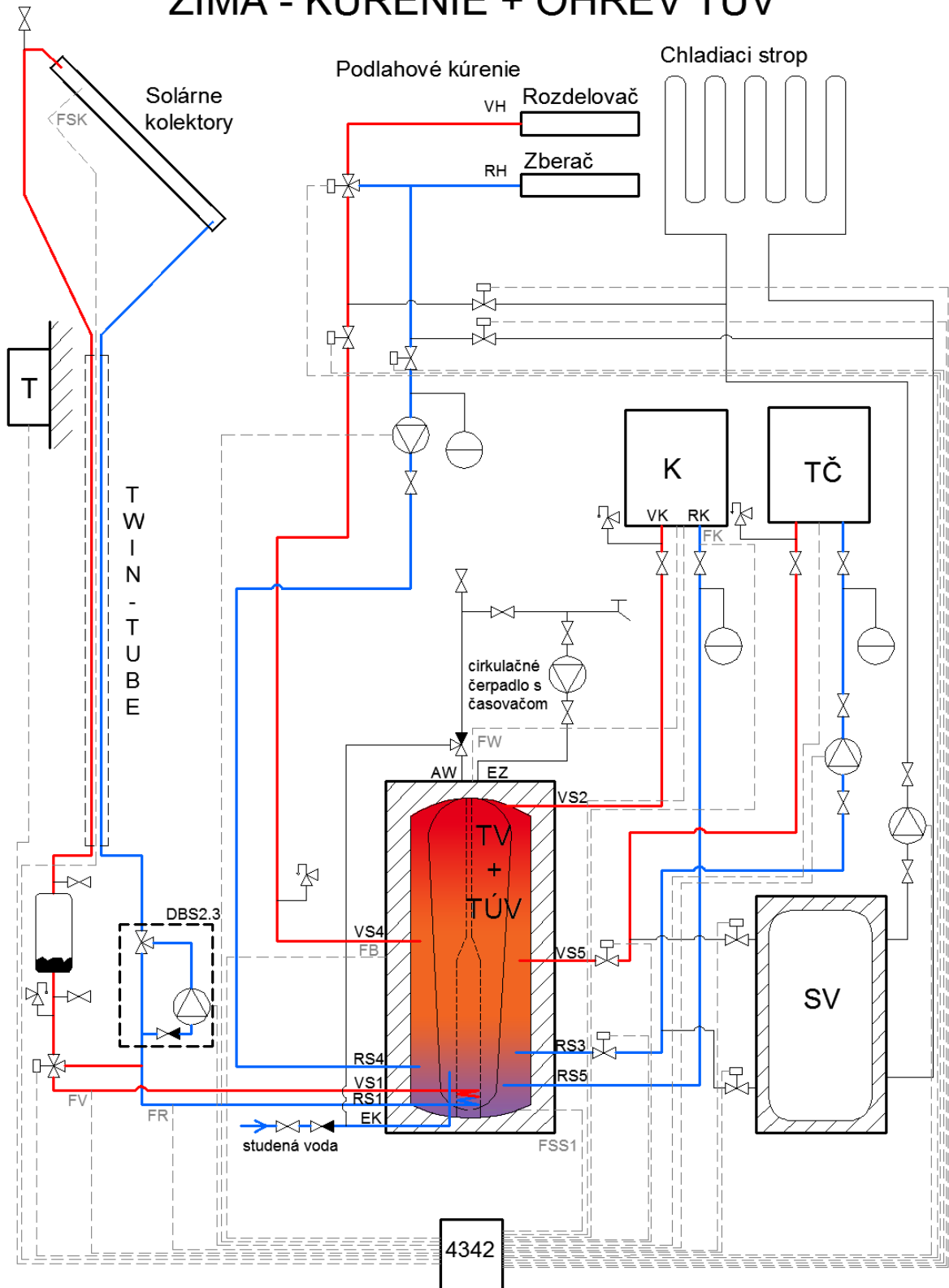
Pri systéme Drain-back sú kolektory naplnené len počas prevádzky čerpadla. Pri odstavení vytečie teplotnosné médium do nádrže spiatocky. Vzduch z tejto nádrže stúpa do kolektorov. V prázdnych kolektoroch nemôže prísť k prehriatiu teplotnosného média. Pri použití potrubia, ktoré je odolné voči korózii je možné ako teplotnosné médium použiť vodu. Použitie vody je aj súčasťou návrhu tohto solárneho systému, pretože zberná nádoba je umiestnená v kotolni, kde je ochránená voči mrazu. Systém Drain-back je uzatvorený systém s uzavretím vzduchu.

Nádrž spiatocky dodávaná k solárnemu systému má objem 15 l a postačuje pre maximálne 5 kolektorov. Teplotnosné médium odtečie po vypnutí čerpadla do zbernej nádrže vplyvom gravitácie. Nádrž spiatocky musí byť umiestnená nad čerpadlom, aby sa pri spätnom toku teplotnosného média nedostával do čerpadla žiadny vzduch.

Pri montáži kolektorov musí byť dodržaný spád minimálne 0,5% (0,5 cm/m) [13] smerom k strane s pripojeniami aby teplotnosné médium mohlo samovoľne stiecť do zbernej nádrže.

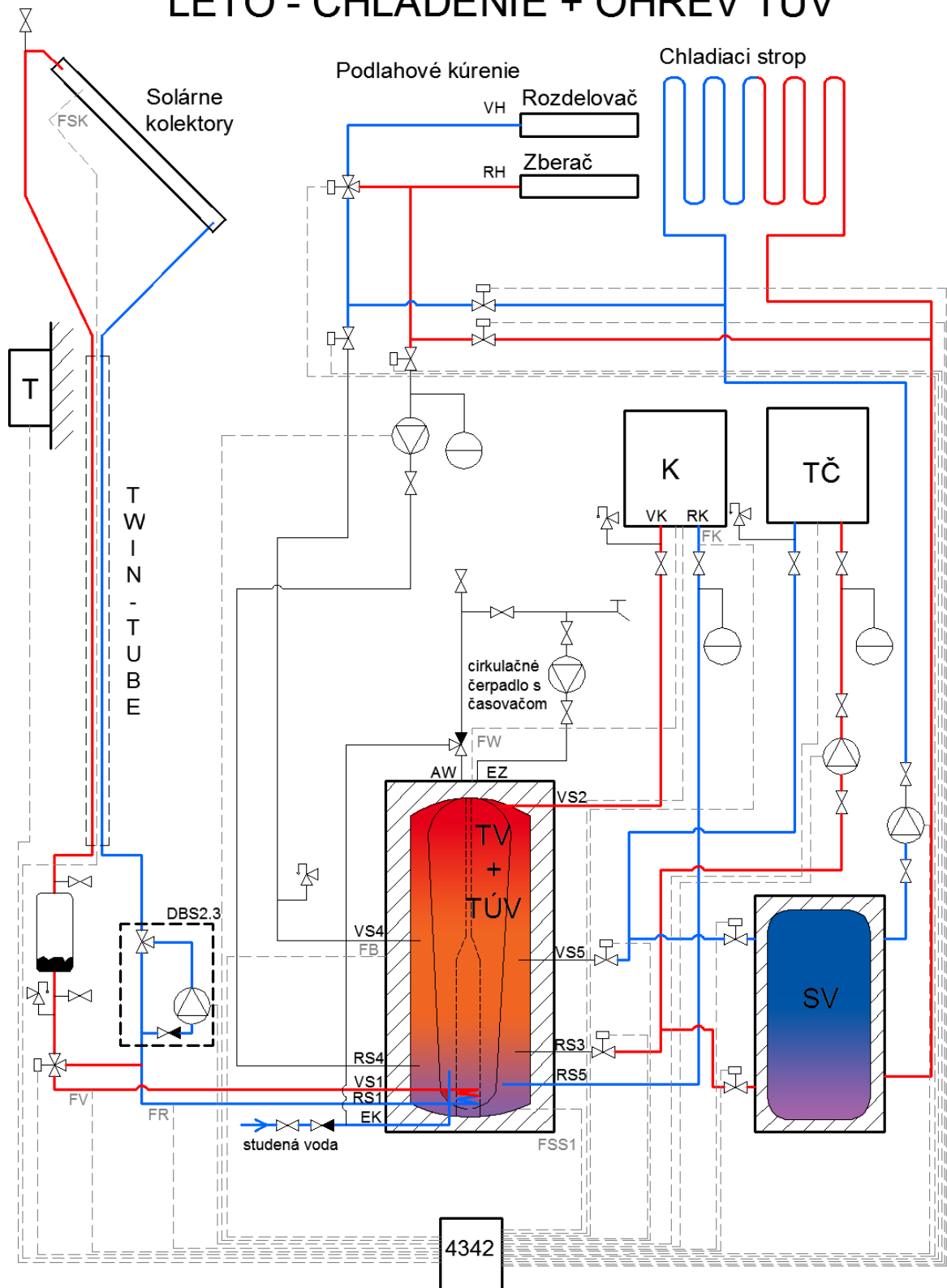
6.5 Vykurovací sýstava

ZIMA - KURENIE + OHREV TUV



Obr. 24. Schéma hydraulického zapojenia v zimnom období

LETO - CHLADENIE + OHREV TÚV



Obr. 25. Schéma hydraulického zapojenia v letnom období

6.5.1 Popis hydraulické schémy a regulácie vykurovania

Keďže má tepelné čerpadlo najvyššie vykurovacie číslo pri teplote výstupu 35°C a vonkajšej teplote 7°C bude táto výstupná teplota použitá na nabíjanie akumuláčného zásobníka. Do podlahového vykurovania ide takisto táto teplota, takže už ju nie je nutné dohrievať a tým pádom môže byť pri dostatočnom vykrytí výkonu tepelným čerpadlom plynový kondenzačný kotol vypnutý. Ohriata voda na vykurovanie sa odoberá z príslušnej tepelnej vrstvy zásobníka, konkrétne z výstupu VS4, kde je teplota udržiavaná na 35°C.

O reguláciu tepelného čerpadla sa stará modul FM 444 obsiahnutý v regulátore Logamatic 4342 a spočíva v sledovaní rozdielu teplôt na výstupe a na spiatočke. Ak bude rozdiel nulový, tepelné čerpadlo sa vypne a o dobíjanie zásobníka sa bude starať výlučne solárny ohrev. Výstup tepelného čerpadla, resp. vstup do zásobníka je na zásobníku označený ako VS5. Spiatočka vystupuje z RS3.

V závislosti od teploty nameranej na prahovom snímači FW mení solárny regulátor požadovaný teplotný rozdiel a tým aj počet otáčok čerpadla solárneho okruhu a prietok v ploche kolektorov. Takto možno s najvyššou požadovanou hodnotou prednostne dobíjať hornú časť zásobníka a s druhou, nižšou požadovanou hodnotou dobíjať termosifónový zásobník normálne.

Teplota výstupného teplotného média je rozhodujúcim faktorom pri určovaní, do ktorej časti termosifónového zásobníka sa má teplo odovzdať. Solárny regulátor FM443 pravidelne kontroluje stav dobíjania zásobníka. Pokiaľ sa na prahovom snímači nedosiahne požadovaná teplota 60°C, bude počet otáčok čerpadla regulovaný tak, aby sa udržiaval teplotný rozdiel medzi kolektormi (snímač FSK) a zásobníkom (snímač FSS1) na požadovanej úrovni 30K. Pri prevádzke s malým prietokom možno pri zvýšenej teplote výstupu prednostne ohrievať pohotovostnú časť a ušetriť tak konvenčnú energiu na dodatočný ohrev.

Ak je pohotovostná časť zásobníka zohriata na 60°C (snímač FW), zvýši solárny regulátor počet otáčok čerpadla solárneho okruhu. Pri prevádzke s veľkým prietokom a nižšou teplotou výstupu sa ohrieva dolná časť zásobníka. Malý teplotný rozdiel medzi kolektormi (snímač FSK) a dolnou časťou zásobníka (snímač FSS1) 15 K znižuje tepelné straty. Stupeň účinnosti systému je počas prevádzky s veľkým prietokom optimálny.

Pri dostatočnom výkone kolektorov dosiahne regulačný systém cieľový teplotný rozdiel 15K, aby mohol ohrievať zásobník od stredu smerom nadol. Ak už nie je možné

dosiahnuť cieľový teplotný rozdiel 15 K, tak bude regulačný systém využívať solárne teplo, ktoré je k dispozícii pri najnižšom počte otáčok čerpadla a to až dovtedy, kým sa nedosiahne kritérium pre vypnutie. Keď klesne teplotný rozdiel pod úroveň 5 K, regulátor vypne čerpadlo solárneho okruhu.

6.5.1.1 Prepínanie medzi zimnou a letnou prevádzkou

Po zohľadnení vonkajšej teploty a akumulčných schopností budovy, regulátor FM442 stanoví hraničnú hodnotu pre prepínanie letnej a zimnej prevádzky.

Počas letnej prevádzky neprebíha vykurovanie, tzn. regulácia vypne obehové čerpadlo vykurovacieho okruhu. Tepelné čerpadlo je prepnuté do chladiaceho režimu a uzatváracie ventily vedúce do akumulčného zásobníku sú uzatvorené, naopak ventily uzatvárajúce pripojenie do akumulčnej nádrže studenej vody sa otvoria. Tým je zabezpečený prívod chladnej vody asi 18°C do stropného chladenia.

V prechodnom období je tak možné obývaciu izbu na prízemí chladiť studenou vodnou zo zásobníka SV a ostatné miestnosti vykurovať normálnym spôsobom z akumulčnej nádoby teplej vody.

6.5.1.2 Termická dezinfekcia

Teplá úžitková voda je zohriata plynovým kondenzačným kotlom na teplotu, ktorá je potrebná na zneškodnenie baktérií (napr. legionel), nad 60°C. Funkcia termickej dezinfekcie je monitorovaná prostredníctvom snímača teploty FB a môže byť aktivovaná automaticky (denne alebo raz týždenne v naprogramovanom čase). Je vhodné ju použiť v noci, kedy nie je prakticky žiadny odber teplej úžitkovej vody, aby sa predišlo obareniu.

6.5.2 Dimenzovanie potrubia a výber čerpadla

Ako príklad je možné uviesť výpočet priemeru potrubia na okruhu plynového kondenzačného kotla. Výpočet sa opiera o hodnoty uvedené v knihe Výpočtové tabulky pro vytápění – vztahy a pomůcky [2].

Priemer potrubia závisí od maximálneho výkonu, ktorý je potrebné potrubnou sústavou preniesť. Základom je výpočet hmotnostného prietoku teplej vody podľa vzťahu

$$\dot{m} = \frac{P}{\frac{c_p}{3600} \cdot \Delta\theta} \text{ [kg/h]} \quad (18)$$

\dot{m} – hmotnostný tok [kg/h]

P – prenášaný výkon [W]

c_p – merná tepelná kapacita vody [J/(kg.K)]

$\Delta\theta$ – rozdiel teplôt (pred a po predaní tepla) [K]

Keďže maximálny výkon kotla je 28 kW a rozdiel teplôt je 20 K potom

$$\dot{m} = \frac{28000}{\frac{4180}{3600} \cdot 20} = 1206 \text{ kg/h} \quad (19)$$

Rýchlosť prúdenia vody by mala byť menšia ako 1 m/s aby sa predišlo hluku, ktorý by voda v potrubí mohla spôsobovať. Podľa hmotnostného prietoku je možné v tabuľkách dohľadať vhodný priemer, pričom je zohľadnená podmienka rýchlosti prúdenia. Pre hmotnostný prietok 1206 kg/h je ako vhodný priemer zvolený 25 mm pri rýchlosti 0,7 m/s.

Ďalej sa dajú z tabuľky zistiť približné straty na potrubnom vedení. V tomto prípade je to 250 Pa/m. Čiže na 4 m potrubia o priemere 25 mm bude pripadať tlaková strata 1000 Pa.

V tlakových stratách sú okrem strát trením zahrnuté aj straty miestnymi odporami, ktoré tvoria súčet odporov všetkých prvkov zaradených do okruhu. V tomto prípade sú to dva uzatváracie ventily s tlakovou stratou 150 Pa.

Dimenzie a materiál potrubia a typ zvolených čerpadiel pre vykrytie vypočítaných tlakových strát v jednotlivých vykurovacích okruhoch sú uvedené v tabuľke (Tab. 14).

Tab. 14. Dimenzie potrubia a čerpadiel

okruh plynového kondenzačného kotla	
materiál a priemer potrubia [mm]	Cu 25
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,7
tlaková strata [Pa]	1300
zvolené čerpadlo	kotlové čerpadlo
okruh tepelného čerpadla	
materiál a priemer potrubia [mm]	Cu 16
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,5
tlaková strata [Pa]	3400
zvolené čerpadlo	Grundfos Alpha 2 L
vykurovací okruh	
materiál a priemer potrubia [mm]	Cu 32
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,48
tlaková strata [Pa]	113400
zvolené čerpadlo	Grundfos Alpha 2
chladiaci okruh	
materiál a priemer potrubia [mm]	Cu 32
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,48
tlaková strata [Pa]	165000
zvolené čerpadlo	Grundfos Alpha 2
solárne kolektory	
materiál a priemer potrubia [mm]	TwinTube 15
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,5
tlaková strata [Pa]	6000
zvolené čerpadlo	čerpadlo systému Drain-back
cirkulácia TUV	
materiál a priemer potrubia [mm]	Cu 12
rýchlosť prúdenia vody [m/s]	0,2
tlaková strata [Pa]	2750
zvolené čerpadlo	Grundfos Comfort UP 15-14BUT

6.5.3 Regulátor Logamatic 4323

Hydraulická sústava, ktorej súčasťou je sústava na solárny ohrev vody, tepelné čerpadlo a plynový kondenzačný kotol, je riadená jedným regulátorom. Je to regulátor Buderus Logamatic 4323 [17], ktorý sám o sebe neposkytuje žiadnu funkciu, avšak jeho hlavnou výhodou je možnosť rozšírenia funkcií až štyrmi prídavnými modulmi. V tomto zapojení sú to moduly FM442, FM443, FM444 a FM446. Všetky pozície budú obsadené. Regulátor tieto moduly po vložení automaticky rozpozná a ponúkne nastavenie ich parametrov. Regulátor je ovládaný pomocou ovládacej jednotky MEC2, ktorá je bezdrôtová.

6.5.3.1 Modul FM 442

Funkčný modul FM442 je možné použiť pre regulovanie až dvoch vykurovacích okruhov s regulačným členom (zmiešavacím ventilom). Disponuje okrem iného aj nastaviteľným, automatickým prepínaním medzi zimnou a letnou prevádzkou pre každý vykurovací okruh zvlášť.

Reguluje teplotu v závislosti od vonkajšej teploty. Čím nižšia teplota bude vonku, tým vyššia teplota musí byť na výstupe plynového kondenzačného kotla. Snímač vonkajšej teploty treba nainštalovať tak, aby pri meraní nebol ovplyvňovaný (tj. na severnú stranu domu, vo výške asi 2,5 m, mimo okien). V nastaveniach sa vyberie požadovaný systém vykurovania (vykurovacie telesá, podlahové vykurovanie, ...) a regulátor automaticky spočíta regulačnú charakteristiku.

6.5.3.2 Modul FM 443

Je určený pre regulovanie solárneho zariadenia určeného na ohrev pitnej vody a podporu vykurovania. Regulácia solárneho okruhu bude integrovaná do regulácie vykurovania. Spoluprácou s modulom FM422 umožní využívať inteligentné regulačné funkcie, napr. funkciu optimalizácie dobíjania pre ohrev pitnej vody, ktorá zamedzuje dobíjaniu zásobníka prostredníctvom vykurovacieho kotla v situáciách, keď využitie solárnej energie a naakumulované množstvo tepla postačujú pre zabezpečenie zásobovania teplou vodou. Taktiež zahŕňa reguláciu otáčok čerpadiel solárneho okruhu.

6.5.3.3 Modul FM 444

Funkčný modul umožňuje zapojenie alternatívneho tepelného zdroja – tepelného čerpadla do systému riadenia tepelných zdrojov. Alternatívny zdroj tepla je vždy vedúcim kotlom, teda dostáva ako prvý šancu vybaviť požiadavku vykurovacieho zariadenia. Tepelné čerpadlo je spínané v závislosti od teploty dobíjacieho zásobníka a z nej vyplývajúcej potreby tepla.

6.5.3.4 Modul FM 446

Slúži ako rozhranie pre zapojenie vykurovacieho zariadenia do domových automatických zbernicových systémov fungujúcich na báze EIB/KNX. Umožňuje reguláciu teploty výstupu na základe vyhodnocovania požadovaných hodnôt priestorovej teploty prostredníctvom samostatného izbového termostatu pripojeného cez zbernicu

EIB/KNX a automatické prispôsobovanie vykurovacej charakteristiky. Ďalšou vlastnosťou je možnosť vizualizácie prevádzkových stavov a požadovaných a skutočných teplotných hodnôt a vysielanie poruchových signálov na zbernicu.

6.6 Dimenzovanie poistných a expanzných zariadení

Podľa normy ČSN EN 12828 [34] musí byť každý tepelný zdroj vybavený bezpečnostným obmedzovačom teploty vrátane zvláštného čidla, ktoré reaguje na prekročenie stanovenej medznej teploty. Zvolený plynový kondenzačný kotol, tepelné čerpadlo, či solárne kolektory túto požiadavku spĺňajú.

6.6.1 Poistné ventily

Každý zdroj tepla tepelnej sústavy musí byť vybavený aspoň jedným poistným ventilom chrániacim sústavu proti prekročeniu najvyššieho prevádzkového tlaku. Poistný ventil musí mať rozmer najmenej DN 15, musí byť podľa normy ČSN 06 0830 [31] navrhnutý tak, aby najvyšší prevádzkový tlak nebol neprekročený o viac ako 10% a byť namontovaný tak, aby tlaková strata v prívodnom potrubí neprekročila 3%.

Príklad výpočtu poistného ventilu na okruhu plynového kondenzačného kotla:

Ako prvé je potrebné si určiť minimálny prierez sedla poistného ventilu vzťahom

$$S_o \geq \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} [mm^2] \quad (20)$$

S_o – prierez sedla poistného ventilu [mm^2]

Q_p – poistný výkon [kW], $Q_p = 28$ kW (výkon plynového kondenzačného kotla)

α_w – výtokový súčiniteľ poistného ventilu [-]

p_{ot} – otvárací pretlak poistného ventilu [kPa], $p_{ot} = 300$ kPa

$$S_o = \frac{2 \cdot 28}{0,444 \cdot \sqrt{300}} = 7,3 \text{ mm}^2 \quad (21)$$

Zvolený bude ventil DUCO ½" x ¾" KD. Výrobcom udávaný skutočný prierez poistného ventilu je 113 mm².

Vnútorňý priemer poistného potrubia, d_v , sa vypočíta vzťahom

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_P} \text{ [mm]} \quad (22)$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{28} = 13,17 \text{ mm} \quad (23)$$

Použitý bude najbližší väčší vyrábaný priemer potrubia, ktorý je DN 15.

V tabuľke (Tab. 15) sú uvedené otváracie pretlaky poistných ventilov na jednotlivých vykurovacích okruhoch, vrátane zásobníka teplej vody.

Tab. 15. Otvárací pretlak poistných ventilov

Okruhy	Otvárací pretlak [kPa]
Okruh plynového kondenzačného kotla	300
Okruh solárneho ohrevu	300
Okruh tepelného čerpadla	300
Zásobník (vykurovací / teplá voda)	300 / 1000
Vykurovací okruh	300

6.6.2 Expanzné nádoby

Expanzné nádoby slúžia na absorbovanie zmeny objemu kvapaliny nachádzajúcej sa vo vykurovacom okruhu vplyvom nárastu teploty. Návrh expanznej nádoby, je ako príklad, uvedený návrh pre plynový kondenzačný kotol, v súlade s ČSN EN 06 0830 [31]. Kotol už od výroby obsahuje expanznú nádobu o objeme 7,5 l. Výpočtom sa zistí, či je dodávaná nádoba dostatočná.

Výpočet vychádza zo vzťahu

$$V_c = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \text{ [l]} \quad (24)$$

V_c – objem expanznej nádoby [l]

V_o – objem vody vo vykurovacom okruhu [l]

n – súčiniteľ zväčšenia objemu [-]

η – stupeň využitia expanznej nádoby [-]

$$\eta = \frac{p_{a2} - p_{a1}}{p_{a2}} \quad (25)$$

p_{a2} – konečný tlak = otvárací tlak poistného ventilu = 300 kPa

p_{a1} – počiatkový tlak [kPa]

$$p_{a1} = p_{p1} + 100 \text{ [kPa]} \quad (26)$$

p_{p1} – počiatkový pretlak [kPa]

$$p_{p1} = \rho \cdot h \cdot g \cdot 10^{-3} \text{ [kPa]} \quad (27)$$

ρ – hustota vody = 1000 kg/m³

g – tiažové zrýchlenie = 10 m/s²

h – výška vodného stĺpca nad expanznou nádobou [m]

$$p_{p1} = 1000 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ kPa} \quad (28)$$

$$p_{a1} = 10 + 100 = 110 \text{ kPa} \quad (29)$$

Potom

$$\eta = \frac{300 - 110}{300} = 0,633 \quad (30)$$

$$V_c = 1,3 \cdot 453,2 \cdot 0,00401 \cdot \frac{1}{0,633} = 4,73 \text{ l} \quad (31)$$

Z výpočtu vyplýva, že expanzná nádoba s objemom 7,5 l obsiahnutá v plynovom kondenzačnom kotle bude dostačovať.

Expanzné potrubie, konkrétne jeho priemer d_{ep} , sa vypočíta podľa vzťahu

$$d_{ep} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_P} \text{ [mm]} \quad (32)$$

$$d_{ep} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{28} = 13,17 \text{ mm} \quad (33)$$

Rovnako, ako pre poistné potrubie, sa použije priemer expanzného potrubia DN 15.

V tabuľke (Tab. 16) sú uvedené objemy expanzných nádrží pre jednotlivé vykurovacie/chladiace okruhy.

Tab. 16. Objem expanzných nádrží

Okruhy	Objem expanznej nádrže [l]
Okruh plynového kondenzačného kotla	7,5
Okruh tepelného čerpadla	8
Vykurovací okruh	25
Chladiaci okruh	12
TÚV	16

6.7 Návrh podlahového kúrenia

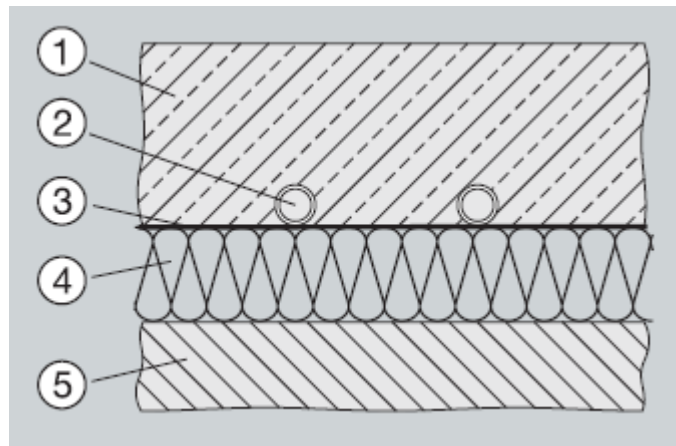
Vzhľadom na požiadavku komfortného bývania a zároveň čo najefektívnejšieho využívania tepelnej energie je zvolené podlahové kúrenie ako primárne riešenie vykurovania.

Keďže podlahové kúrenie pokryje všetky návrhové tepelné straty (okrem kúpeľní), nie je potrebné v dome inštalovať ďalšie vykurovacie telesá. V kúpeľniach sú dodatočne inštalované rebríkové radiátory, ktoré ale plnia estetickú i praktickú funkciu (sušenie uterákov, prípadne menšej bielizne) a pod francúzskymi oknami v obývacej izbe a chodbe na prízemí sú pre zabránenie kondenzácie vodných pár nainštalované podlahové konvektory.

Podlahové kúrenie je uvažované ako nízkoteplotné. To znamená, že na vstupe do okruhov je teplota vody 35°C a teplotný spád je tak volený 35/30°C. Takáto nízka teplota je volená hlavne kvôli menšej dilatácii betónovej mazaniny a dodržaniu hygienických noriem, kedy teplota podlahy v obytných priestoroch nesmie presiahnuť, podľa normy ČSN EN 1264 [39], 29°C a podlaha v kúpeľni 33°C.

Ako vykurovací systém je zvolený Fonterra Tacker 20 od výrobcu Viega, ktorý je vhodný aj pre úzke a členité priestory, pretože flexibilná možnosť sponkovania trubiek nie

je viazaná na žiadny raster. Tým ho je možné ľubovoľne prispôbiť priestorovej geometrii. Systém s trúbkami uloženými v mazanine je zobrazený na obrázku (Obr. 26).



Obr. 26. Systém s trúbkami uloženými v mazanine

kde:

- 1.) mazanina
- 2.) vykurovací prvok
- 3.) krycia fólia
- 4.) izolačná vrstva
- 5.) nosná konštrukcia podlahy

Potrubie uložené v mazanine je z materiálu PE-Xc s rozmermi 20x2mm s tzv. kyslíkovou bariérou, ktorá zaručí, že do vykurovacej vody nebude z okolia difundovať kyslík.

Návrh podlahového kúrenia v spálni na prízemí, postup podľa katalógu výrobcu [11]:

Spočítaním tepelných strát v miestnosti sa dá zistiť, že potrebný výkon podlahového kúrenia je pre túto miestnosť 522 W a plocha podlahy je 14,53 m². Z týchto hodnôt je potrebné spočítať hustotu tepelného toku q , podľa nasledovného vzťahu

$$q = \frac{P_P}{A_P} [W/m^2] \quad (34)$$

P_P – výkon podlahového kúrenia [W]

A_P – využiteľná plocha miestnosti [m²]

$$q = \frac{522}{14,53} = 35,93 \text{ W/m}^2 \quad (35)$$

Ďalším krokom je vyhľadanie hodnoty vhodného tepelného toku z tabuľky od výrobcu. V tomto prípade je zvolená hodnota 60 W/m^2 , čo pri návrhu zaistí dostatočnú rezervu v prípade veľmi chladného vonkajšieho vzduchu a rozumnú inštalačnú vzdialenosť (rozteč) trubiek. Pri tejto hodnote zostáva stredná teplota podlahy v rámci hygienických noriem na teplote

$$\theta_M = 26 \text{ }^\circ\text{C} \quad (36)$$

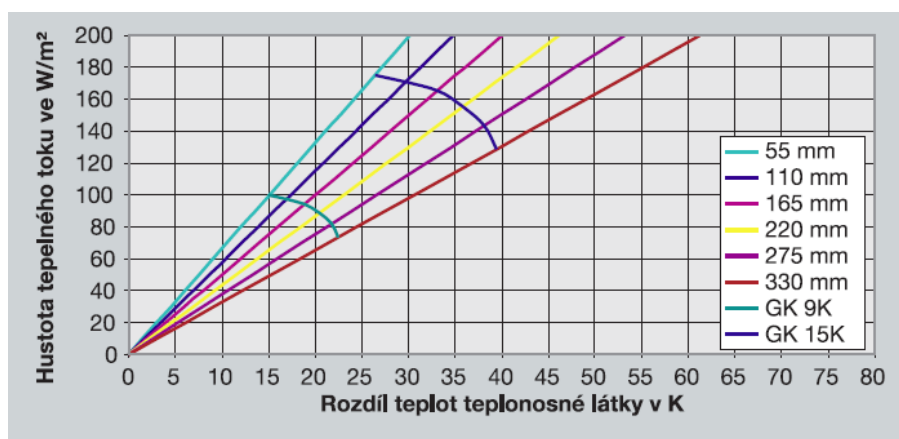
Inštalačná vzdialenosť trubiek je volená podľa tabuľky výrobcu a pre maximálny tepelný tok 60 W/m^2 je

$$d = 165 \text{ mm} \quad (37)$$

V kuchyni a kúpeľni, kde sú potrebné vyššie hodnoty tepelného toku, je zvolená rozteč trubiek 110 mm.

Rozdiel teplôt teplotosnej látky sa dá zistiť z výkonového diagramu pre tepelný odpor keramickej dlažby, $R_{\lambda,B} = 0,02 \text{ K/W}$ (Obr. 27) a bude mať hodnotu:

$$\Delta\theta = 7 \text{ K} \quad (38)$$



Obr. 27. Rozdiel teplôt teplotosnej látky

Hmotnostný prietok teplonosnej látky potrebný na vykrytie celkovej tepelnej straty miestnosti sa vypočíta podľa nasledovného vzťahu

$$\dot{m} = 3600 \cdot \frac{P_p}{c_p \cdot \Delta\theta} \text{ [kg/h]} \quad (39)$$

$\Delta\theta$ – teplotný rozdiel vstupu a výstupu [K]

c_p – merná tepelná kapacita vody [J/(kg.K)], $c = 4180 \text{ J/(kg.K)}$

$$\dot{m} = 3600 \cdot \frac{522}{4180 \cdot 7} = 64,22 \text{ kg/h} \quad (40)$$

Celková dĺžka potrubia vykurovacieho okruhu sa určí vzťahom

$$L_c = L_o + L_p \text{ [m]} \quad (41)$$

L_c – Celková dĺžka potrubia vrátane prípojky [m]

L_o – Dĺžka potrubia vo vykurovacom okruhu [m]

L_p – Dĺžka prípojky [m]

$$L_c = 85 + 8 = 93 \text{ m} \quad (42)$$

Na záver je potrebné, pre určenie optimálneho obehového čerpadla, spočítať tlakové straty okruhu. Tie sa určia na základe tlakových strát pôsobiacich trením vo vykurovacom potrubí a tlakových strát na rozdeľovači.

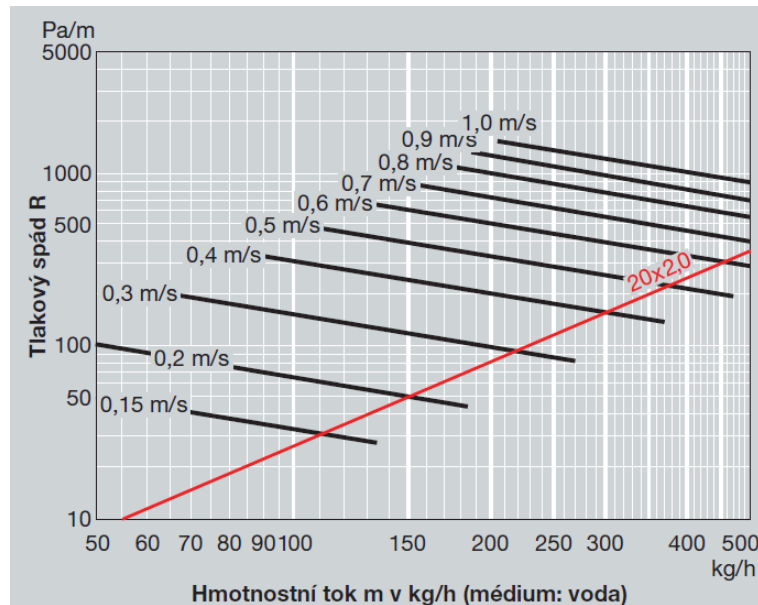
$$\Delta p_c = (\Delta p_r \cdot L_c) + \Delta p_d \quad (43)$$

Δp_c – celková tlaková strata na vykurovacom okruhu [Pa]

Δp_r – tlaková strata na vykurovacom okruhu na jeden meter potrubia [Pa/m]

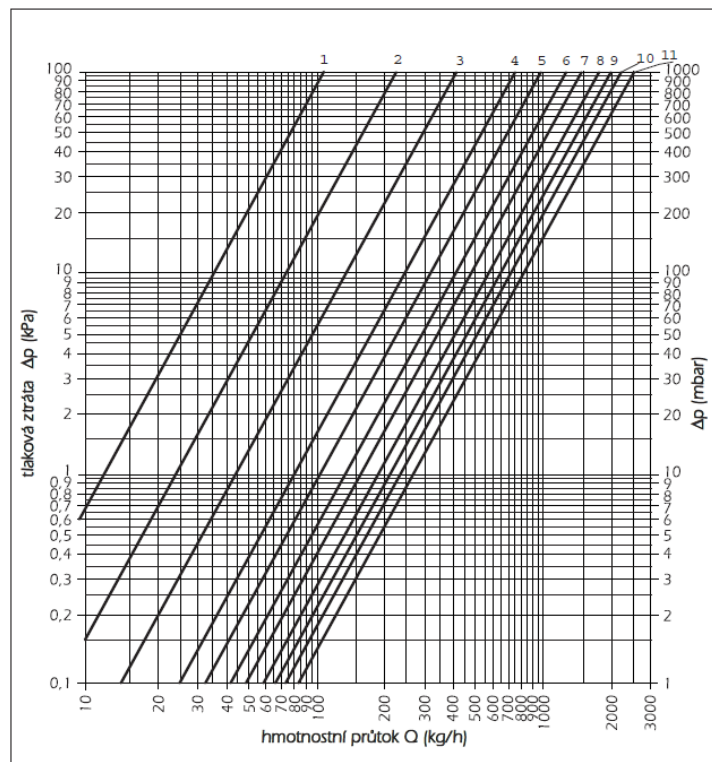
Δp_d – tlaková strata na rozdeľovači [Pa]

Tlaková strata Δp_r sa určí z grafu od výrobcu trubiek podlahového vykurovania podľa hmotnostného prietoku vykurovacej vody v okruhu a rýchlosti jej prúdenia.



Obr. 28. Diagram tlakovej straty PE-Xc 20x2,0mm

Tlaková strata na rozdeľovači, Δp_d , sa určí z grafu od výrobcu. Základom je poznať hmotnostný prietok vody a podľa pozície regulačného šrúbenia (pozícia 11 – úplne otvorené) je možné z grafu odčítať konkrétnu tlakovú stratu.



Obr. 29. Tlakové straty rozdeľovača CI 533

Potom bude celková tlaková strata pre spáľňový okruh

$$\Delta p_c = (60 \cdot 137) + 100 = 8320 \text{ Pa} \quad (44)$$

Vzhľadom na maximálnu dĺžku vykurovacieho okruhu obmedzeného odporučením výrobcu na max. 150 m je potrebné niektoré vykurovacie okruhy rozdeliť na dva. Napríklad v obi dvoch obývacích izbách a kuchyni s jedálňou.

Naopak zase pri okruhoch s malou dĺžkou je možné tieto okruhy spojiť do jedného a tým ušetriť miesto v rozdeľovači. Napríklad pre chodbu a wc na podkroví je použitý jeden vykurovací okruh.

6.8 Podlahové chladenie

Chladenie je zabezpečené reverzným chodom tepelného čerpadla. Do okruhu podlahového vykurovania je vháňaná voda o teplote 18°C, ktorá by nemala byť nižšia kvôli nožnej kondenzácii vodnej pary a rozdiel medzi teplotou vzduchu v miestnosti a teplotou podlahy by nemal prekročiť 5 K. Najviac má chladenie podlahou uplatnenie v miestnostiach s veľkými presklenými plochami. V tomto prípade v obývacej izbe na prízemí, kedy má veľké chladiace výkony v miestach, kde na podlahu dopadá priame slnečné žiarenie, až 120 W/m². Podlahové chladenie vtedy dokáže pokryť veľkú časť tepelných ziskov.

Avšak podlahové chladenie nie je veľmi komfortný spôsob chladenia. Môže byť pre obyvateľov zdravotným rizikom. Preto ako doplnkové chladenie je zvolené chladenie pomocou chladiaceho stropu.

6.9 Návrh doplnkových vykurovacích telies

Ako doplnkové vykurovacie telesá sú zvolené rebríkové radiátory v kúpeľniach a konvektory v prízemnej obývacej izbe. Dôvod použitia je ten, že pri veľmi nízkych vonkajších teplotách nemusí byť výkon podlahového kúrenia v kúpeľniach dostatočný na vykrytie tepelných strát.

Konvektory sú navrhnuté hlavne pre zabránenie kondenzácii vodnej pary na francúzskych oknách v prízemnej obývacej izbe a pre zlepšenie tepelného komfortu. Teplo

uvoľňované z celej dĺžky konvektoru vytvára neviditeľnú tepelnú clonu, ktorá oddeľuje priestor interiéru od chladných okenných plôch.

6.9.1 Návrh vykurovacích telies v kúpeľniach

Vykurovacie telesá boli obe zvolené ako rebríkové radiátory Korado, konkrétne Koralux linear classic – M 1500 x 750 (trúbkové vykurovacie teleso so stredovým pripojením). Reguláciu teploty zabezpečuje termostatický ventil.

Teplotný spád je zvolený 35/30 °C, pre ktorý výrobca neudáva menovitý tepelný výkon a je ho nutné prepočítať, vychádzajúc z normy ČSN EN 12828, z hodnôt udaných pre teplotný spád 55/45 °C.

Najprv je potrebné spočítať teplotný podielový súčiniteľ, c , ktorý sa určí zo vzťahu

$$c = \frac{\theta_2 - \theta_r}{\theta_1 - \theta_r} \quad (45)$$

θ_1 – teplota vody na vstupe do radiátora [°C]

θ_2 – teplota vody na výstupe z radiátora [°C]

θ_r – návrhová teplota v miestnosti [°C]

$$c = \frac{30 - 24}{35 - 24} = 0,545 < 0,7 \quad (46)$$

Ak je $c < 0,7$ tak platí:

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1 - \theta_r}{\theta_2 - \theta_r}} \text{ [°C]} \quad (47)$$

ΔT_{ln} - logaritmickej teplotný rozdiel pre nové výpočtové podmienky [°C]

$$\Delta T_{ln} = \frac{35 - 30}{\ln \frac{35 - 24}{30 - 24}} = 8,249 \text{ °C} \quad (48)$$

Pre výrobcom udané výpočtové podmienky sa logaritmický teplotný rozdiel určí zo vzťahu

$$\Delta T_{n,ln} = \frac{\theta_{1n} - \theta_{2n}}{\ln \frac{\theta_{1n} - \theta_{rn}}{\theta_{2n} - \theta_{rn}}} [^{\circ}\text{C}] \quad (49)$$

θ_{1n} – výrobcom zvolená teplota vody na vstupe do radiátora [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{2n} – výrobcom zvolená teplota vody na výstupe z radiátora [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{rn} – výrobcom zvolená návrhová teplota v miestnosti [$^{\circ}\text{C}$]

$$\Delta T_{n,ln} = \frac{55 - 45}{\ln \frac{55 - 24}{45 - 24}} = 25,68 \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad (50)$$

Z vyššie uvedených hodnôt je potom možné spočítať opravný súčiniteľ na teplotný rozdiel, $f_{\Delta T}$

$$f_{\Delta T} = \left(\frac{\Delta T_{ln}}{\Delta T_{n,ln}} \right)^n \quad (51)$$

n – výrobcom udaný teplotný exponent, v tomto prípade $n = 1,2433$

$$f_{\Delta T} = \left(\frac{8,249}{25,68} \right)^{1,2433} = 0,244 \quad (52)$$

Pri teplotnom spáde 35/30 $^{\circ}\text{C}$ bude tepelný výkon rebríkového radiátora

$$Q = f_{\Delta T} \cdot Q_N [W] \quad (53)$$

Q_N – menovitý tepelný výkon udaný výrobcom [W]

$$Q = 0,244 \cdot 403 = 98,33 \text{ } W \quad (54)$$

Výkon 98,33 W však ešte stále nevykryje návrhové tepelné straty. O tie sa však, v prípade potreby, postará zabudované elektrické vykurovacie teleso o výkone 500W. Je vhodné hlavne v chladnejších letných dňoch, keď je kúrenie vypnuté.

6.9.2 Návrh podlahových konvektorov

Konvektory, zvané aj Fan-coily, sú inštalované predovšetkým pod veľké presklené plochy. Boli zvolené od výrobcu Minib.

Vyrábajú sa bez ventilátora alebo s ventilátorom, ktorý je výhodný pri nižších teplotných spádoch, kedy má konvektor nižší výkon. Ventilátor je súčasťou aj tohto návrhu. Pracuje v troch rýchlostných stupňoch, pre ktoré je charakteristický rôzny tepelný výkon.

Použité konvektory sú typu COIL – T60, ktoré sa vyznačujú nízkou výškou (65mm v podlahe). Šírka je 243mm a vyrábajú sa v dĺžkach do 3000 mm.

Umiestnené sú v dvoch miestnostiach s francúzskymi oknami a to v prízemí na chodbe a po dva v obývacej izbe. Ich dĺžky sú 2x 1500 mm, resp. 2000 mm.

Prepočet tepelného výkonu je rovnaký ako pri vyššie uvedenom návrhu rebríkových radiátorov. Na stránke výrobcu je však program na prepočet, aj s výpočtom výkonu pri jednotlivých stupňoch výkonu ventilátora. [19]

V tabuľke (Tab. 17 a Tab. 18) sú uvedené výkony konvektorov pri jednotlivých stupňoch výkonu ventilátora.

Tab. 17. Výkon konvektora dĺžky 1500mm

$\theta_w = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	dĺžka = 1500mm		
$\theta_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	1. stupeň	2. stupeň	3. stupeň
Q [W]	239	288	371

Tab. 18. Výkon konvektora dĺžky 2000mm

$\theta_w = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	dĺžka = 2000mm		
$\theta_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$	1. stupeň	2. stupeň	3. stupeň
Q [W]	338	408	525

Reguláciu stupňa výkonu ventilátora umiestneného v konvektore zabezpečuje regulačný systém od rovnakého výrobcu, Regulace EB-A. Princíp spočíva v ručnom nastavení rýchlosti otáčok priamo v konvektore potenciometrom a spínanie chodu ventilátorov zabezpečí termostat, ktorý je napojený na beznapäťový kontakt modulu FM442 obsiahnutom v regulátore Logamatic 4323.

6.10 Stropné chladenie

Systém stropného chladenia je zvolený od výrobcu Univenta, typ Cooling [12], ktorého princípom je ochladenie stropu na približne 18°C. Princíp je podobný ako u podlahového vykurovania, resp. chladenia. Teplota chladiacej vody musí byť minimálne na úrovni 16°C, aby nedochádzalo ku kondenzácii vodnej pary na povrchu trubiek. Vzhľadom na to, že tepelné čerpadlo má najlepšie chladiace číslo 3,3 pri teplote výstupnej vody 18°C a pri vonkajšej teplote vzduchu 27°C, bude použitá táto teplota na výstupe.

Keďže najväčšie tepelné zisky má obývacia izba na prízemí (vzhľadom na veľké presklenie miestnosti) bude stropné chladenie uvažované iba tam.

Stropné chladenie sa vyrába v troch vyhotoveniach:

- kovová kazeta
- sadrokartónová doska
- strop pod omietkou na betón

Použitá bude posledná z menovaných, keďže z praktického hľadiska bude inštalácia najjednoduchšia. Na strop sa ukotvia nosné lišty s roztečou 500 – 600 mm, do ktorých sa uložia trubky Cooling 16 x 1,8 mm s roztečou 50 mm. Prekrytie je 10 mm hrubou vrstvou omietky, čiže celková hrúbka chladiaceho stropu predstavuje približne 30 mm. Takýto systém chladenia má z pomedzi troch vyhotovení najvyšší chladiaci výkon a to až 68 W/m² pri $\Delta\theta = 3$ K.

Keďže chladiaca plocha má veľkosť 39 m² je potrebné okruh rozdeliť na dva rovnakej veľkosti kvôli tlakovým stratám na potrubí.

Prívod studenej vody je realizovaný z tepelne izolovanej akumuláčnej nádrže na studenú vodu, ktorá má objem 300 l a je bez výmenníka. Vhodnou nádržou je Concept OWT 300.

Režim kúrenia/chladenia má na starosti regulátor 4342 s integrovaným modulom FM 444, ktorý prepína medzi zimnou a letnou prevádzkou a tým otvára, resp. zatvára príslušné ventily prietoku studenej vody z tepelného čerpadla do zásobníka studenej vody a takisto prepína jeho prevádzkový režim kúrenie/chladienie.

Ak je v prechodnom období potrebné kúriť a chladiť, tak regulátor nechá zatvorené ventily na rozvode studenej vody vedúce z prívodu stropného chladenia a otvorené na prívode teplej vody k rozdeľovaču. Tým bude zabezpečená dodávka teplej vody do rozdeľovačov a dodávka studenej vody do chladiaceho stropu.

V letnej prevádzke je kúrenie úplne odstavené tým, že sú ventily na prívode teplej vody k rozdeľovačom zatvorené a ventily na prívode studenej vody k rozdeľovačom otvorené. Tým sa dostane studená voda aj do okruhov podlahového kúrenia.

6.11 Rozdeľovače

Na rozvod vody do vykurovacích okruhov sú potrebné dve zostavy rozdeľovačov a zberačov. Na prízemí je umiestnený v miestnosti pod schodiskom a na podkroví v technickej miestnosti. Set rozdeľovača a zberača je zvolený od výrobcu IVAR.CS, ktorý umožňuje osadiť regulačné servo-ventily. Prízemný rozdeľovač/zberač je 10-cestný a podkrovný 6-cestný.

V nasledujúcich tabuľkách (Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21) sú popísané parametre jednotlivých výstupov rozdeľovača, kde:

θ_i – Teplota v miestnosti [$^{\circ}\text{C}$]

A_v - Vykurovaná plocha [m^2]

P_k – Výkon [W]

q_k – Hustota tepelného toku [W/m^2]

θ_M - Stredná teplota podlahy [$^{\circ}\text{C}$]

d - Rozteč trubiek [mm]

m - Hmotnostný prietok vody [kg/h]

L_C – Celková dĺžka potrubia vrátane prípojky [m]

Δp_c – Celková tlaková strata okruhu vrátane straty na rozdeľovači [Pa]

Tab. 19. Okruhy rozdeľovača na prizemí

OKRUHY	1	2	3	4	5
NÁZOV	spálňa	kúpeľňa	zádverie	kuchyňa + jedáleň	kuchyňa + jedáleň
θ_i [°C]	20	24	20	20	20
A_v [m ²]	14,53	6,40	6,03	11,45	11,45
P_k [W]	522,00	910,00	163,00	855,50	855,50
q_k [W/m ²]	35,93	142,19	27,03	74,72	74,72
θ_M [°C]	26	31	25	27	27
d [mm]	165	110	165	110	110
m [kg/h]	64,22	60,29	23,40	61,40	61,40
L_c [m]	93	64	43	76	76
Δp_c [Pa]	8320	5860	530	6940	6940

Tab. 20. Okruhy rozdeľovača na prizemí – pokračovanie

OKRUHY	6	7	8	9	10
NÁZOV	chodba	obývacía izba	obývacía izba	rebrík	konvektory
θ_i [°C]	20	20	20	24	20
A_v [m ²]	23,40	15,375	15,375	-	-
P_k [W]	918,00	633,50	633,50	98,20	1267,00
q_k [W/m ²]	39,23	41,20	41,20	-	-
θ_M [°C]	25	25	25	-	-
d [mm]	165	165	165	-	-
m [kg/h]	112,95	77,94	77,94	16,91	218,24
L_c [m]	140	99	99	4	22
Δp_c [Pa]	8540	8020	8020	350	2400

Tab. 21. Okruhy rozdeľovača na podkrovi

OKRUHY	1	2	3	4	5	6
NÁZOV	spálňa	chodba + wc	kúpeľňa	pracovňa	obývacía izba	rebrík
θ_i [°C]	20	20	24	20	20	24
A_v [m ²]	22,03	19,79	8,37	20,53	16,13	-
P_k [W]	908,00	491,00	806,00	454,00	394,00	98,20
q_k [W/m ²]	41,22	25,31	96,35	22,11	24,43	-
θ_M [°C]	25	25	31	25	25	-
d [mm]	165	165	110	165	165	-
m [kg/h]	111,72	124,94	46,28	78,20	67,87	16,91
L_c [m]	137	122	78	123	99	9
Δp_c [Pa]	8220	8080	4728	8095	8515	350

Technológia regulácie teploty v jednotlivých miestnostiach je od spoločnosti ABB aby korešpondovala s inteligentnou elektroinštaláciou zavedenou v celom dome. Termostat v každej miestnosti zaručí individuálne nastavenie teploty pre danú miestnosť (tzv. tepelnú zónu) pomocou termoelektrických servo-pohonov (Oventrop Uni EIB H) umiestnených na vetvách rozdeľovača.

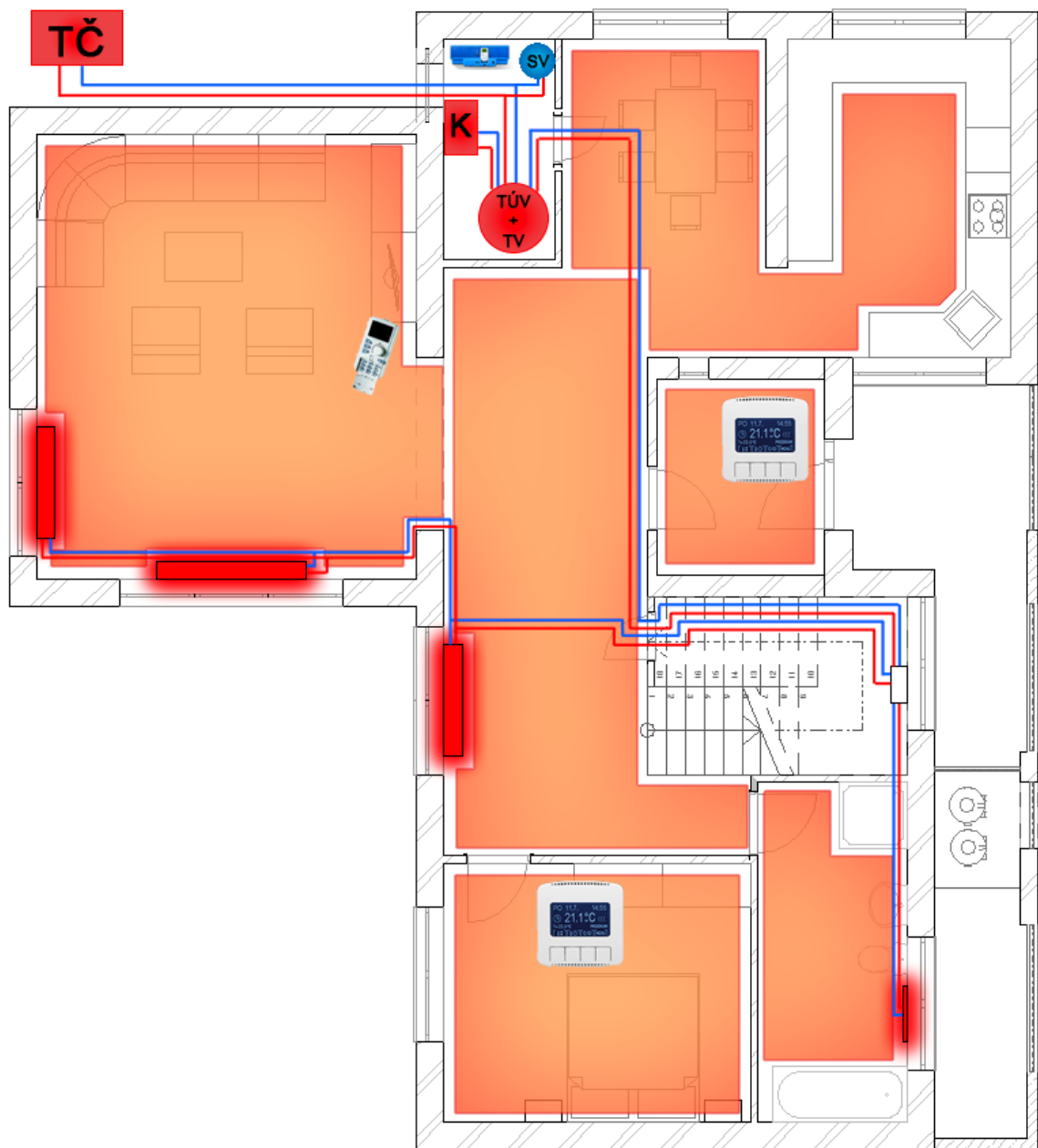
Termostaty sú digitálne, pripojené na zbernicu KNX, aby bolo možné teplotu nastavovať aj diaľkovo. Je ich možné spárovať až s piatimi termoelektrickými servopohonmi, takže nie je problém regulovať teplotu aj v miestnostiach s viacerými vykurovacími okruhmi. Konkrétne je to model LCD Tango Th. Termostat je vhodný ako aj na kúrenie, tak aj na chladenie podlahou.

Umiestnené sú na prízemí v spálni a zádverí. Na podkroví v spálni, v obývacej izbe a v pracovni. V ostatných miestnostiach je teplota pevne daná a regulovaná pomocou termostatu a diaľkového ovládania Buderus Logamatic MEC2 umiestneného v obývacej izbe na prízemí.

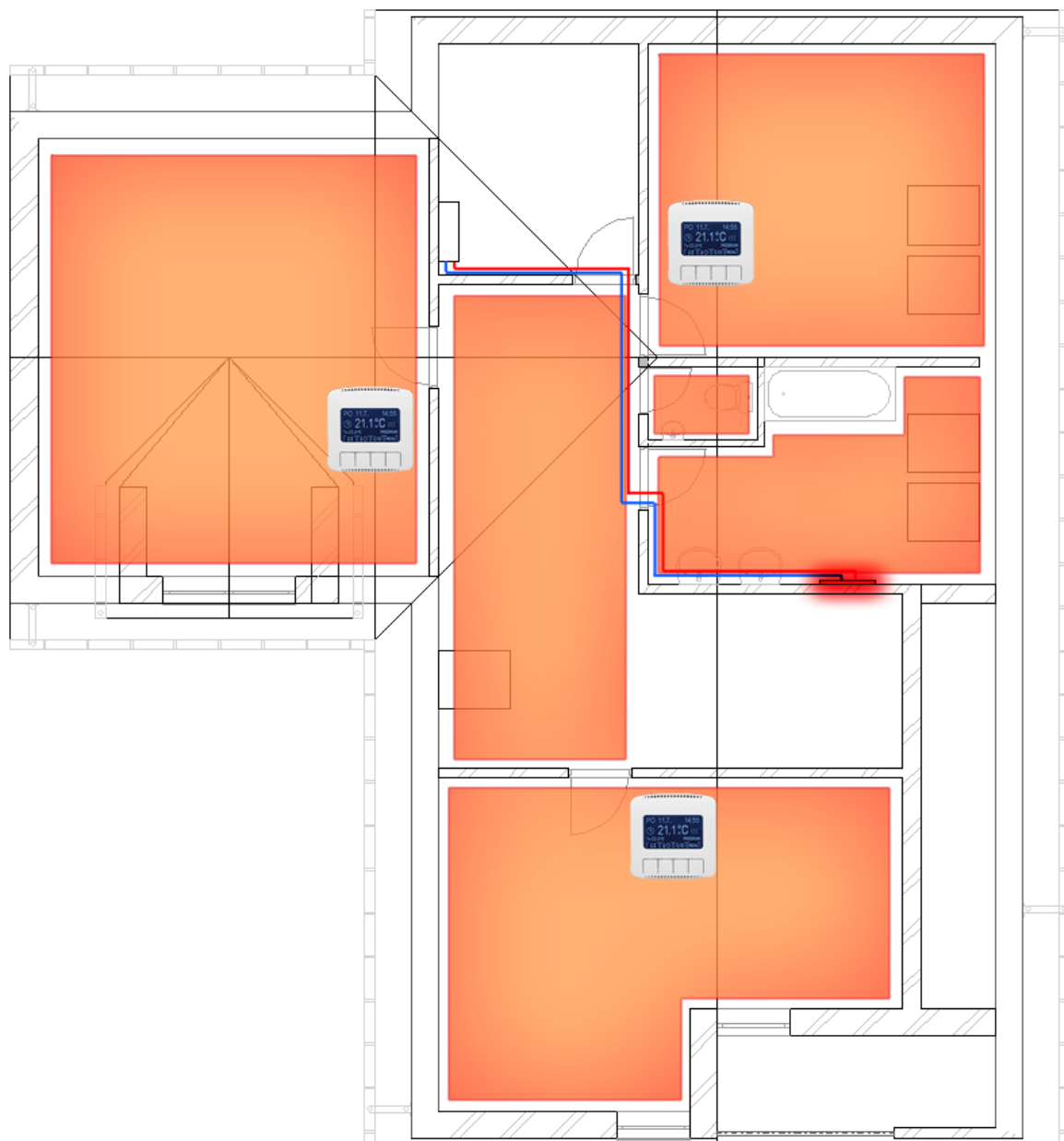
Z dôvodu veľkej zotrvačnosti podlahového vykurovania sú termostaty vybavené systémom PWM pre presné udržanie stálej teploty v miestnostiach. Tento systém kontroluje dĺžku prevádzky a frekvenciu otvorenia a zatvorenia použitých servopohonov vo vzťahu k nárastu teploty v miestnosti. Výsledným efektom je vyššia úspora, komfort a neprekurovanie miestnosti.

6.12 Vykurovacie systémy – zhrnutie

Výhoda použitia technológie pre vykurovanie od jediného výrobcu, v tomto prípade Buderus, spočíva v jednotnosti a jednoduchosti návrhu vykurovania a regulácie celého systému. Odpadá možnosť nevhodnej kombinácie zariadení, ktoré by spolu nedokázali komunikovať a spolupracovať. Ďalšou výhodou je možná úspora na konečnej cene pri odbere všetkých zariadení naraz. Keďže v ponuke výrobcu sa nachádza aj zariadenie pre komunikáciu po zbernici (modul FM 446), nie je potrebné použiť ani žiadnu komunikačnú bránu tretieho výrobcu. Týmto je umožnené celkové riadenie a monitorovanie vykurovania lokálne, ale aj na diaľku. Na nasledujúcich obrázkoch (Obr. 30 a Obr. 31) je znázornené umiestnenie zdrojov tepla, akumuláčnych nádrží, regulátorov a vykurovacích telies (vrátane podlahového kúrenia) na prízemí a podkroví rodinného domu.



Obr. 30. Vykurovacie systémy – prízemie



Obr. 31. Vykurovacie systémy – podkrovie

7 NÁVRH ELEKTROINŠTALÁCIE

Návrh spočíva v pripojení domu na verejnú elektrickú sieť nízkeho napätia a následne návrh vnútornej elektroinštalácie, ktorej obsahom je návrh zásuvkových a svetelných obvodov (silnoprúdové obvody) a návrh telefónnej, resp. televíznej prípojky, inteligentnej elektroinštalácie, zabezpečovacích systémov a požiarnej signalizácie (slaboprúdové obvody).

Postup návrhu je v súlade s normami ČSN 33 2130 [39] a ČSN 33 2000-7-701 Elektrická inštalácia budov - pre priestory s vaňou alebo sprchou [40].

Podľa normy, ČSN 34 1390 - Predpisy pre ochranu pred bleskom, nie je ochrana pred bleskom striktne požadovaná, preto tento návrh nebude realizovaný.

7.1 Prípojka NN

Na prenesenie potrebnej energie do domu je potrebné dostatočne dimenzovať priemer vodiča hlavného domového vedenia [38]. Pre výpočet priemeru je použitý nasledovný vzťah:

$$S = \frac{P_s \cdot \rho_{Cu} \cdot l}{U_f \cdot u \cdot \cos(\varphi)} \cdot [m^2] \quad (55)$$

P_s – predpokladaný súčasný výkon [W]

ρ_{Cu} – špecifický merný odpor medi [$\Omega \cdot m$]

l – dĺžka vedenia [m]

U_f – fázové napätie [V]

Δu – úbytok napätia na prípojke [V]

$\cos(\varphi)$ – účinník siete

Z inštalovaného výkonu $P_i = 18$ kW je možné spočítať súčasný výkon vynásobením hodnoty inštalovaného výkonu koeficientom súčasnosti, ktorý má hodnotu $\beta = 0,75$. Potom súčasný výkon, ktorý sa použije na výpočet prierezu vodiča hlavného domového vedenia, bude mať hodnotu $P_s = 13,5$ kW.

Materiál vodiča je meď, ktorej špecifický merný odpor je $\rho_{Cu} = 0,0178 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ s dĺžkou prípojky 20 m.

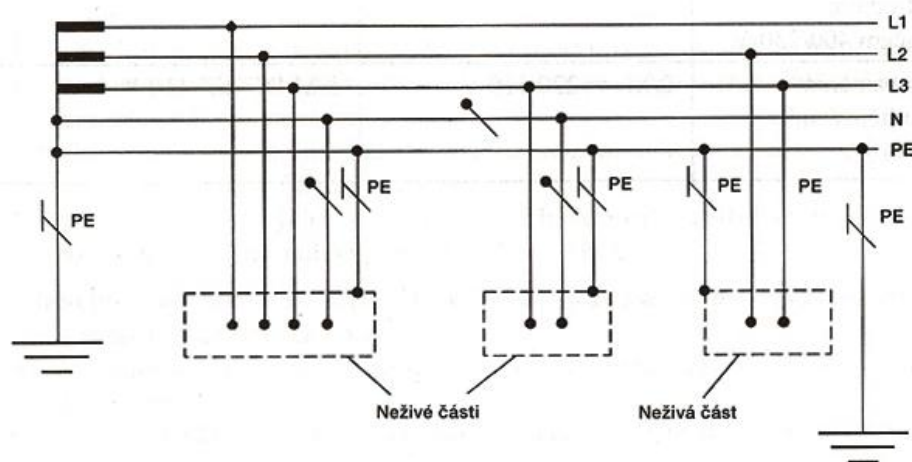
Fázové napätie má veľkosť $U_f = 230 \text{ V}$, pričom povolený úbytok je 1 %, čo predstavuje $\Delta u = 2,3 \text{ V}$. Účinník siete sa pohybuje v intervale 0,85 – 0,95, takže pri výpočte bolo počítané s jeho strednou hodnotou, $\cos(\varphi) = 0,9$.

$$S = \frac{13500 \cdot 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 20}{230 \cdot 2,3 \cdot 0,9} = 10,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 10,09 \text{ mm}^2 \quad (56)$$

Najbližší vyšší vyrábaný priemer je 16 mm^2 , preto pripojenie domového rozvádzača je prevedené káblom CYKY-J 5x16.

Rodinný dom sa pripojí z existujúceho stĺpa vzdušného vedenia cez poistkovú skriňu IPS 63, ktorá sa nachádza na stĺpe vzdušného vedenia vo výške 2,5 m. Prepojenie do elektromerového rozvádzača ER 2.0 Hasma je prevedené káblom uloženým v zemi. Rozvádzač ER 2.0 je v plastovom prevedení, s krytím IP44/20 a je zabudovaný na vonkajšom oplotení objektu a voľne prístupný.

Bod rozdelenia sústavy z TN-C na TN-S je prevedený v elektromerovom rozvádzači. Sústava TN-S používa oddelený vodič PE a N (z franc. separé). Výhodou tejto sústavy je, že ochrana nie je tvorená len jedným vodičom. Zbernica PEN je pripojená a uzemnená pomocou uzemňovacej tyče.



Obr. 32. Sústava TN-S

Elektroinštalácia rodinného domu je prevedená z rozvádzača R1, ktorý je pripojený z elektromerového rozvádzača RE2.0 káblom CYKY-J 5x16 a je nainštalovaný v zádverí, v prevedení ako plastová rozvodnica ERA 42N, 42 modulov krytie IP30.

7.2 Návrh zásuvkových obvodov

Zásuvkové obvody slúžia na pripojenie elektrických spotrebičov k elektrorozvodnej sieti. Súčasťou zásuviek je ochranný kolík, na ktorý je pripojený ochranný vodič PE. Na ľavú dierku je pripojená fáza L a na pravú dierku je pripojený neutrálny vodič N. Pri návrhu sa postupovalo v súlade s normou ČSN 33 2000, časť 46N6.1 – 46N6.5 [41].

Na jeden zásuvkový okruh môže pripadať, podľa normy, maximálne 10 zásuviek, pričom viacnásobná zásuvka sa považuje za jednoduchú zásuvku. Takisto musí byť dodržaná maximálna záťaž, a to 3520 VA pri istení 16 A ističom a 2200 VA pri istení 10 A ističom.

Norma takisto udáva minimálny počet zásuvkových vývodov a ich rozmiestnenie v jednotlivých miestnostiach.

Inštalácia jednofázových zásuvkových obvodov je navrhovaná káblami CYKY-J 3x2,5 mm² uloženými pod omietku.

V obytných miestnostiach sú zásuvky osadené vo výške 400 až 600 mm nad podlahou, v kuchyni a v kúpeľni 1000 až 1200 mm. Zásuvkové obvody budú istené dvojpólovými ističmi 16A/B a budú zabezpečené doplnkovou ochranou RCD prúdovým chráničom 25 A s vypínacím prúdom 30 mA.

Trojfázový zásuvkový obvod, vedený do kuchyne ku sporáku, bude prevedený káblom CYKY-J 5x2,5 mm², kábel bude uložený pod omietkou. Zásuvka sa osadí vo výške 1000 až 1200 mm od podlahy. Obvod bude istený štvorpólovým ističom 16A/B a bude zabezpečený doplnkovou ochranou RCD prúdovým chráničom 25 A s vypínacím prúdom 30 mA.

7.3 Návrh kúpeľňových obvodov

Návrh elektrických rozvodov v kúpeľni má svoje špecifiká. Riadi sa normou ČSN 33 2000-7-701 [40]. Norma rozdeľuje priestor kúpeľne do štyroch zón:

Zóna 0 - Celý vnútorný priestor vane alebo misy sprchovacieho kúta, v priestore so sprchou bez vane je zóna 0 vymedzená podlahou a rovinou vo výške 0,05 m nad podlahou. Keď je sprchovacia hlavica odnímateľná, tak zóna 0 je vymedzená priestorom, ktorý zaberá osoba v sprche. Pri pevnej sprchovacej hlavici je zóna 0 ohraničená zvislou plochou s polomerom 0,6 m od sprchovej hlavice.

Zóna 1 - priestor nad vaňou do výšky 2250 mm od podlahy a priestor zvislou plochou obklopujúcou vaňu alebo sprchovací kút a v prípade, že je priestor dostupný bez použitia nástroja, zahŕňa aj priestor pod vaňou.

Zóna 2 - priestor priliehajúci k vani na vonkajšej strane zóny 1, je široký 600 mm a vysoký 2250 mm od podlahy a priestor nad podlahou a vodorovnou rovinou vo výške 2250 mm nad zónou 1 až ku stropu alebo do výšky 3000 mm, keď je miestnosť vyššia.

Zóna 3 - priestor priliehajúci k zóne 2, ktorý je široký 2400 mm a siaha do výšky 2250 mm od podlahy, priestor nad podlahou a vodorovnou rovinou vo výške 2250 mm nad zónou 2 až ku stropu alebo do výšky 3000 mm, keď je miestnosť vyššia a priestor pod vaňou, ktorý je obmurovaný a prístupný dvierkami.

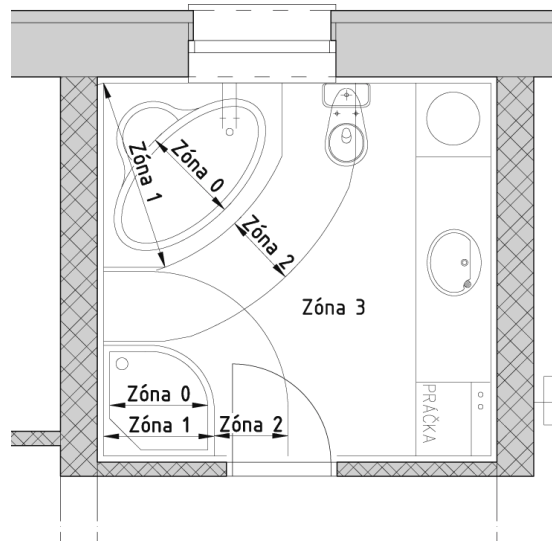
Doplňujúce pospájanie - miestne - musí spojiť všetky neživé časti v zónach 0, 1, 2, 3 a ochranné vodiče zásuviek s nasledujúcimi cudzími vodivými časťami v zónach 0, 1, 2, 3: kovovými napájacími rúrkami a kovovými rúrkami odpadov, kovovými rúrkami ústredného kúrenia, prístupnými kovovými stavebnými prvkami, s ostatnými vodivými predmetmi.

Elektrické zariadenie musí mať aspoň tieto stupne ochrany: v zóne 0 - stupeň ochrany IP X7, v zóne 1 a zóne 2 - stupeň ochrany IP X4, nad najvyššou úrovňou akejkoľvek pevnej sprchovej hlavice môže byť použitý stupeň ochrany IP X2. V zóne 3 stačí krytie IP X1.

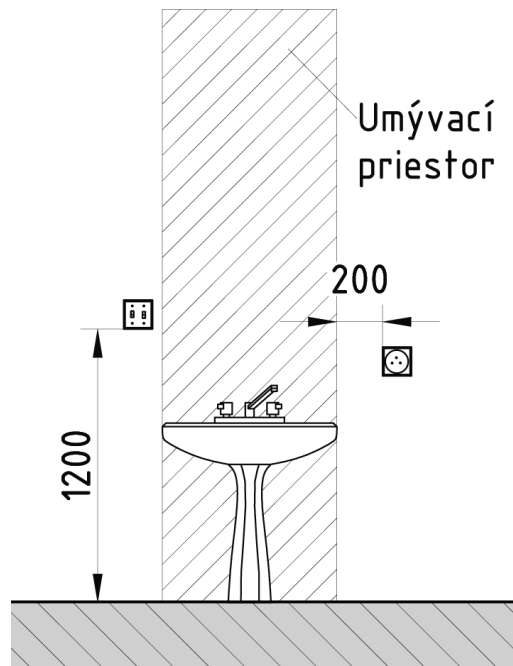
V zóne 0 sa nesmú inštalovať žiadne spínače ani zásuvky. V zóne 1 môžu byť inštalované spínače SELV. V zóne 2 môžu byť inštalované zásuvky a spínače SELV. V zóne 3 môžu byť inštalované aj sieťové zásuvky, ak je napájanie cez:

- ochranný transformátor

- obvody SELV
- cez prúdový chránič s rozdielovým vypínacím prúdom max 30 mA



Obr. 33. Rozmiestnenie zón v kúpeľni



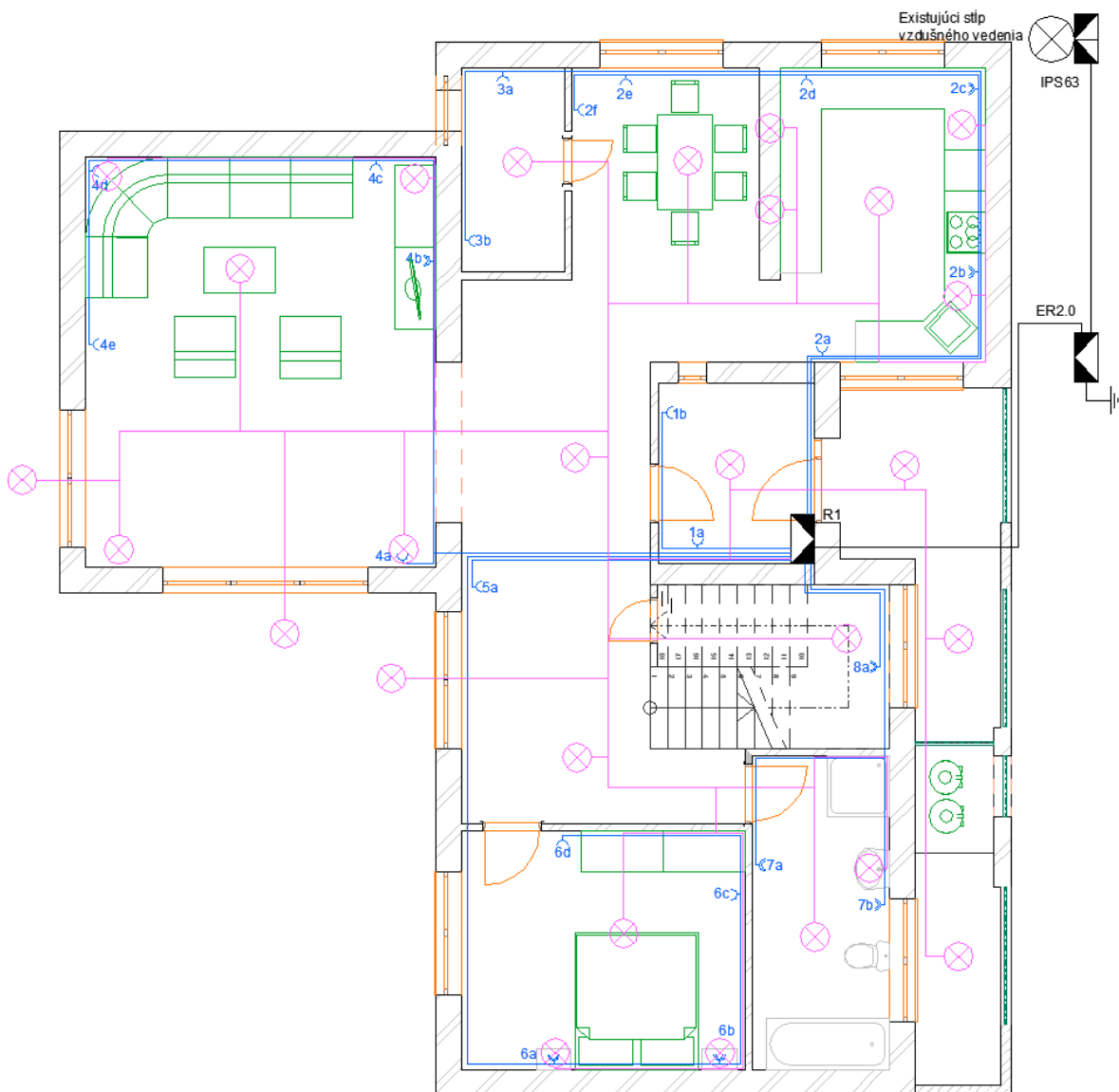
Obr. 34. Umývací priestor s umývadlom

7.4 Návrh svetelných obvodov

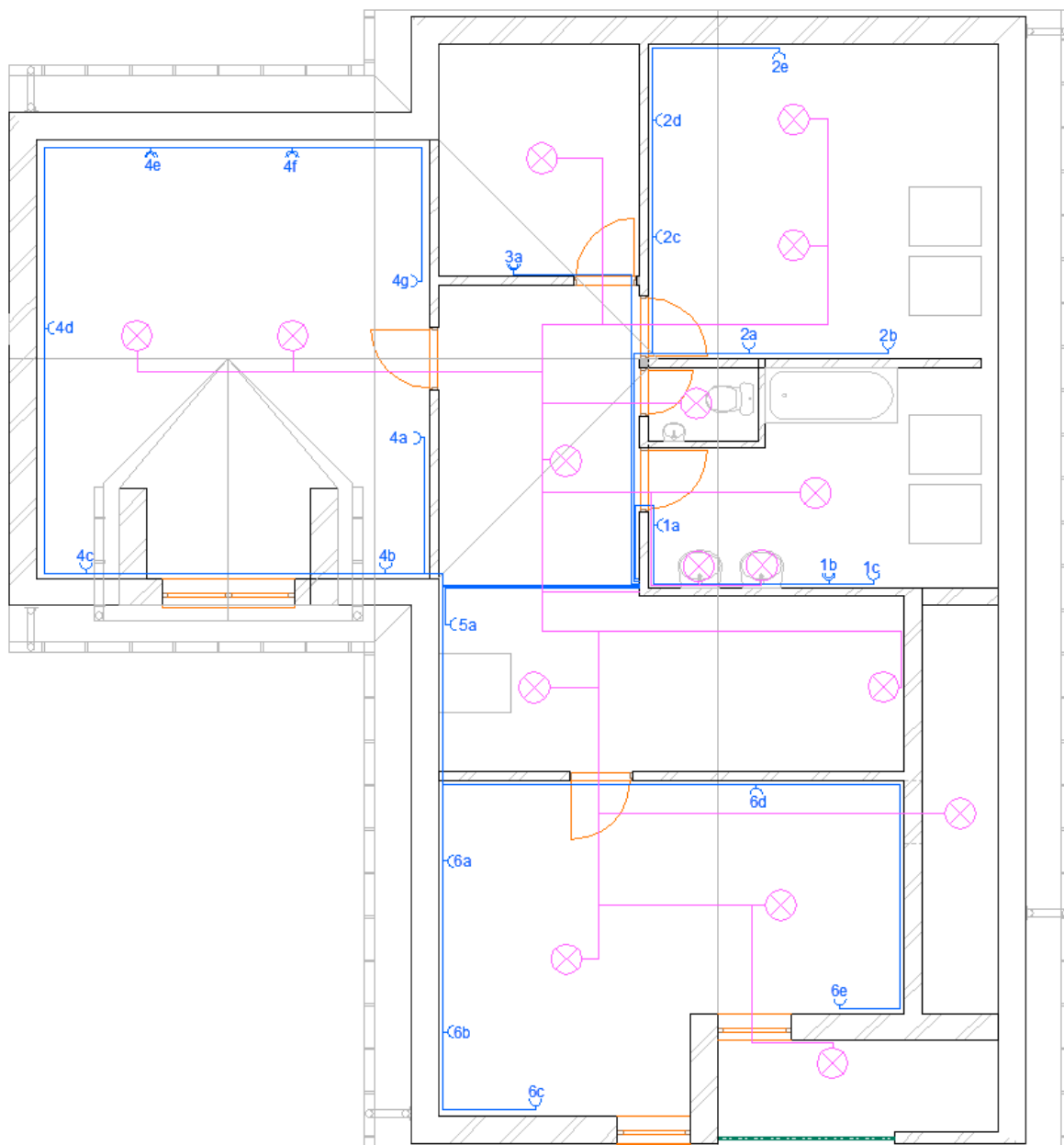
Návrh je v súlade s normou ČSN 33 2130 [39], ktorá definuje minimálny počet vývodov a ich rozmiestnenie v miestnostiach. Vzhľadom na to, že v dome je uvažované inteligentné osvetlenie, sú spínače použité iba v miestnostiach kde sa počíta s krátkodobým

použitím svietidiel, napr. v kúpeľni, zádverí, kotolni a pod. Na ostatných miestach sú použité snímače a senzory, ktoré ovládajú akčné členy riadiace parametre osvetlenia. Tieto slúžia na riadenie tzv. scénických režimov. Umožňujú plynulú reguláciu výkonu svietidiel.

Pre svetelné obvody je použitý vodič typu CYKY-J $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ uložený pod omietkou. Stropné svetelné vývody pre závesné svietidlá sú ukončené pevne namontovanými svietidlovými spojkami a závesnými hákmi. Istenie osvetlenia je navrhované ističmi s hodnotou 10A/B. Obvod pre osvetlenie v kúpeľni je zabezpečený doplnkovou ochranou RCD prúdovým chráničom s vypínacím prúdom 30 mA.










Obr. 35. Zásuvky a osvetlenie - prízemie



Obr. 36. Zásuvky a osvetlenie - podkrovie

Legenda:

-  rozvádzač
-  zásuvkový obvod
-  označenie zásuvky
-  jednoduchá zásuvka
-  dvojité zásuvka
-  svetelný obvod
-  svetelné teleso

8 INTELIGENTNÁ ELEKTROINŠTALÁCIA

Zariadenia, zabezpečujúce zvýšenie komfortu bývania, či úspory energií, by nemohli koexistovať bez vzájomnej komunikácie. Základ ich komunikácie tvorí zbernicový systém KNX, ktorý jednotlivé zariadenia združí do jedného logického celku, v ktorom im umožní komunikovať a spolupracovať. Konkrétne sa jedná o systémovú elektroinštaláciu pre rodinný dom ABB i-bus a v návrhu sa počíta len so zariadeniami od tohto výrobcu.

Výhodou je to, že všetky potrebné zariadenia má výrobca ABB v ponuke, čiže nebude problém s ich kombináciou, čo by mohlo nastať v prípade rozdielnych výrobcov. Takisto ponuka výrobcu zahŕňa aj prvky EZS a EPS.

Konkrétne bude spájať vykurovací/chladiaci systém prostredníctvom modulu FM 446, ovládanie osvetlenia a žalúzií, elektronický zabezpečovací systém, elektronickú požiaru signalizáciu a lokálne a vzdialené ovládanie, resp. monitorovanie.

8.1 Rozvody línie

Napájanie je riešené zdrojom, nachádzajúcim sa v rozvádzači R1 na prízemí, s výstupným prúdom 640 mA, ktorý je pripojený na sieť nízkeho napätia (L, N, PE vodič) a na druhej strane ku zbernicovému vedeniu 24 V. Týmto zbernicovým vedením je napájaná elektronika všetkých prvkov patriacich k danej línii.

Na vedenie línie je použitý certifikovaný KNX/EIB vodič, ktorý sa líši od iných rozvodov nízkeho napätia tým, že je chránený zeleným plášťom a má označenie KSK224.

Maximálna vzdialenosť (350 m) bude v rodinnom dome dodržaná, takisto na napájanie bude stačiť jeden zdroj.

Zbernicové vedenie ABB i-bus je možné rozviesť akýmkoľvek spôsobom, vrátane kombinovania topológií, no v žiadnom prípade nesmie byť na línii uzatvorený okruh! Takisto nie je potrebný žiadny ukončovací odpor. Je potrebné vedením pokryť všetky miestnosti, aby bolo v budúcnosti možné do línie pripojiť ďalšie požadované prvky, prípadne spraviť zámenu stávajúcich medzi miestnosťami.

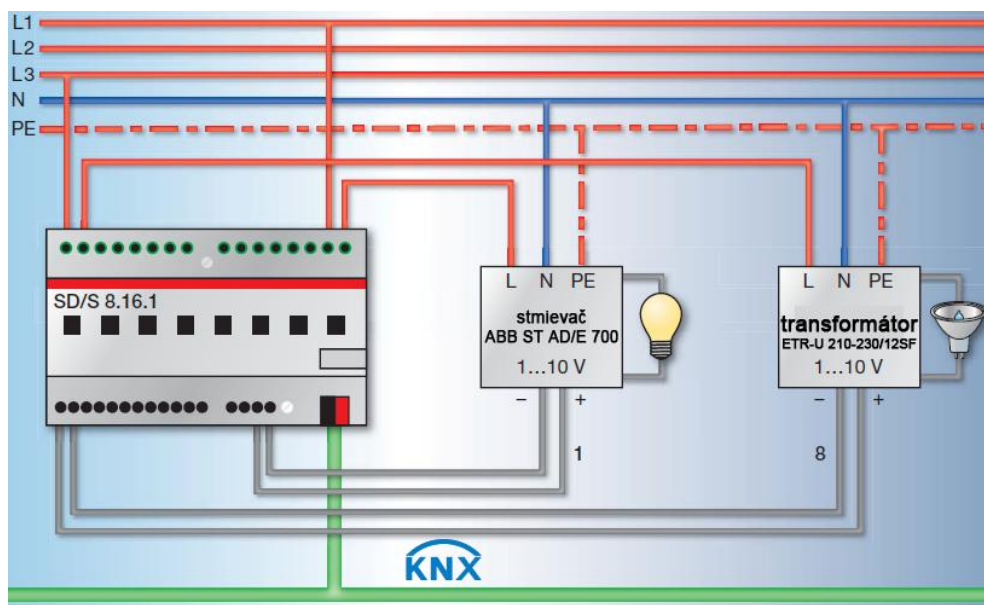
Vzhľadom na to, že maximálny počet účastníkov neprekročí 64, stačí použiť len jednu líniu.

8.2 Osvetlenie

Riadenie osvetlenia v rodinnom dome zabezpečuje jeho obyvateľom svetelnú pohodu, kedy sa pri priechode chodbou či schodiskom svetlo spína automaticky pomocou pohybových senzorov ABB Busch-Wächter Präsenz, ktoré sú schopné regulovať osvetlenosť v intervale 1 lx až 1000 lx. V noci môže byť zabezpečené pomalé zvyšovanie intenzity osvetlenia pre zabránenie oslnenia a pod.

Ovládanie osvetlenia v miestnostiach je zabezpečené snímačmi, ktoré nahrádzajú klasické vypínače. Tieto snímače môžu byť ovládané ako rukou manuálne, tak aj diaľkovým ovládaním.

Pre úsporu energie bude intenzita osvetlenia a jeho spínanie regulované podľa intenzity denného svetla snímačom, ktorý je obsiahnutý v pohybovom senzore. To znamená, že aj keď bude pohybovým detektorom zistená prítomnosť osoby, svetlo zostane zhasnuté. O to sa postará akčný spínač a stmievací člen ABB SD/S 8.16.1 umiestnený v rozvádzači. Aby bolo stmievanie možné, musia byť použité vhodné žiarovky s možnosťou stmievania. Tieto žiarovky sa vyrábajú aj ako úsporné, takže nebude problém dosiahnuť maximálnu možnú úsporu energie na osvetlení. Je možné takisto stmievať nízkonapäťové halogénové svietidlá, umiestnené v kuchyni nad barovým pultom, a to pomocou regulovateľného elektrického transformátora ETR-U 210-230/12SF. Na obrázku (Obr. 38) je zobrazený príklad, ako jednoducho docieľiť reguláciu intenzity osvetlenia.



Obr. 38. Regulácia intenzity osvetlenia

Ovládanie osvetlenia spínačmi je možné dvomi spôsobmi. A to krátkym stlačením spínača – svietidlo sa zapne, resp. vypne a dlhým stlačením spínača – svietidlo sa rozjasňuje, resp. stmieva.

8.3 Žalúzie

Vďaka ovládaniu tieniacich systémov je možné takisto ušetriť veľa energie. V lete, pri správnom natočení lamiel žalúzií kolmo k slnku je možné zabrániť otepľovaniu priestoru, prípadne v zime smerovať lamely tak, aby boli zisky zo slnečného žiarenia čo najväčšie. V zime a pri stiahnutých a privretých žalúziách je možné eliminovať časť tepelných strát oknami, ktoré sú pri moderných presklených domoch nemálo podstatné.

Použitím meteostanice, ktorá je schopná určiť aktuálnu polohu slnka sa dá riadiť sklon lamiel. Žalúzie sa môžu sťahovať, resp. vyťahovať v závislosti od počasia, hodiny, manuálne, či podľa prednastavených scén. Meteostanica sa skladá z poveternostnej stanice pre kombinovaný snímač WZ/S 1.1 a kombinovaného snímača poveternostných údajov WES/A 2.1.

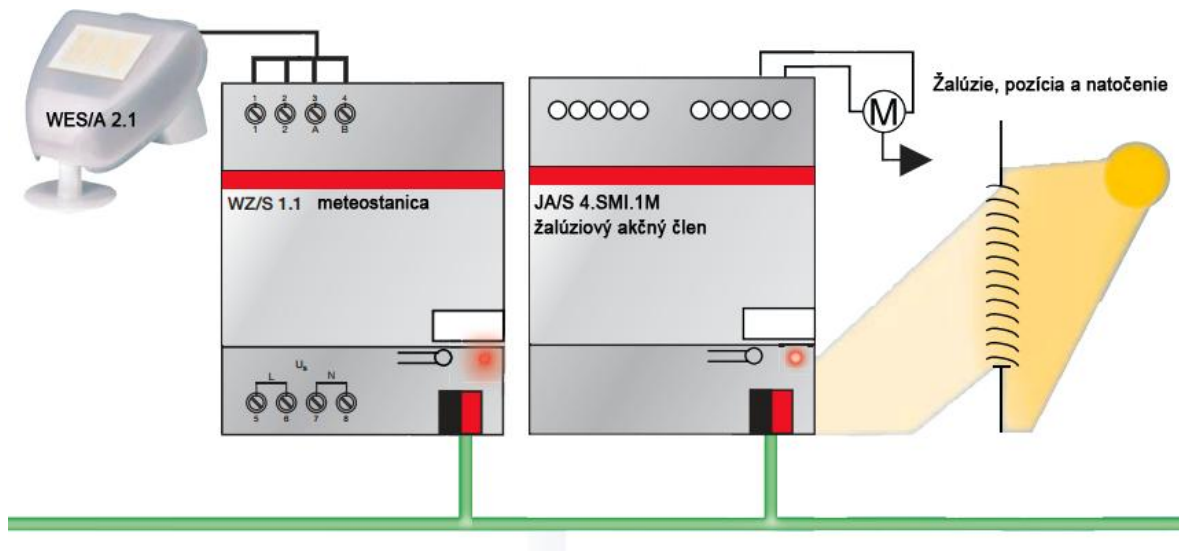
Na prízemí rodinného domu sú použité žalúzie so zvýšenou odolnosťou proti mechanickému poškodeniu (zníženie rizika vlámania) a na poschodí sú klasické žalúzie bez potreby zvýšenej mechanickej odolnosti. Žalúzie sú umiestnené na všetkých oknách okrem severnej strany domu.

Ovládanie žalúzií je podobné ako ovládanie jasu svetla, tlačidlovými spínačmi. Tieto tlačidlové spínače majú vyššiu prioritu než oslnenie, ale nižšiu než rýchlosť vetra (stanovená užívateľmi domu, žalúzie nebude možné otvoriť ručne, ani automaticky) a dážď. Z ručného ovládania tlačidlami na stene do automatického režimu (oslnenie) prejde žalúzia po dvoch hodinách od posledného ručného ovládania.

Pokiaľ bude vonku intenzita svetla pod stanovenou hranicou (tma) a rozsvietia sa v kúpeľni svetlá a žalúzia bude vyťahnutá, tak sa žalúzia automaticky stiahne a aj tak po zhasnutí svetiel zostane.

Na terase bude umiestnené vonkajšie tlačidlo ovládania žalúzií, aby bolo možné v prípade, že užívateľ bude práve na terase a spustí sa automatika slnečného osvetlenia a žalúzie sa stiahnu, dostať sa dovnútra domu.

Akčné členy, ktoré umožňujú toto ovládanie žalúzií majú typové označenie JA/S 4.SMI.1M. Sú použité dva tieto členy pre prízemie a dva pre podkrovia, pretože na jeden je možné pripojiť 4 SMI motory ovládania žalúzií so spätnou väzbou.



Obr. 39. Ovládanie žalúzií

8.4 Scény

Scény je možné vo všeobecnosti charakterizovať tak, že na každú požiadavku, realizovanú ľubovoľným senzorom, môžu reagovať rovnaké alebo rôzne zariadenia v rozličnom nastavení. Sú to presne definované parametre osvetlenia, multimedialného systému, pozície žalúzií a pod. Pridávanie, či modifikácia jednotlivých scén je užívateľsky jednoduchá a nie je nutná asistencia odborného technika. Scény sa dajú aplikovať buď na konkrétne miestnosti alebo na dom ako celok.

Výber scény je možný pomocou tlačidiel, dotykového panelu, mobilného telefónu, či prostredníctvom PC, či už miestne alebo vzdialene – cez Internet. Vopred sú nadefinované nasledovné scény:

Bežný deň – platný pre celý dom, kedy sú osvetlenie a multimédia riadené manuálne, žalúzie sú ovládané meteorologickou jednotkou, na kúrenie nie sú špeciálne požiadavky a EZS je deaktivovaný.

Nočný režim – automaticky sa spúšťa v prednastavený čas, prípadne manuálne. Svetlá sú vypnuté, pri rozsvietení tlmené, aby nedochádzalo k osleповaniu. Preddefinované zásuvkové obvody sú odpojené. Žalúzie sú automaticky stiahnuté a lamely privreté.

Vykurovanie prejde na nočný režim, kedy je vykurovacia teplota kvôli lepšiemu spánku znížená. Raz týždenne je v nočnom režime aktivovaná termická dezinfekcia v zásobníku TÚV a v cirkulačnom potrubí. EZS je aktivovaný – plášťová ochrana.

Pracovný deň – EZS je aktivovaný pre celý dom, vykurovanie znížené na minimum, ktoré sa v predstihu, pred určitou predpokladanou hodinou príchodu spustí, aby sa užívatelia domu vracali do vyhriateho prostredia. Odpojené sú zásuvkové obvody, svetlá pozhasínané. Žalúzie stiahnuté s natáčaním lamiel podľa meteostanice pre tepelné zisky zo slnečného žiarenia.

Dovolenka – EZS je aktivovaný pre celý dom. Vykurovanie nastavené na temperovanie. Zásuvkové obvody odpojené, svetlá pozhasínané. Žalúzie stiahnuté a lamely úplne privreté. Avšak systém môže simulovať prítomnosť ľudí v dome a to zmenou polohy žalúzií, rozsvetovaním/zhasínaním svetiel a spúšťaním TV.

Párty režim – EZS je deaktivovaný, osvetlenie nastavené na 100% vrátane vonkajšieho, žalúzie ovládané meteostanicou okrem chodby a obývacej izby na prízemí kde sú vytiahnuté hore, kvôli možnosti prechodu na terasu. Teplota vykurovania v obývacej izbe znížená, kvôli predpokladu výskytu zvýšeného počtu osôb.

Kino režim – iba v obývacej izbe na prízemí, kedy je hodnota osvetlenia znížená na 30%, žalúzie spustené.

8.5 Elektronický zabezpečovací systém

Inteligentný systém KNX je otvorený všetkým technológiám, medzi ktoré patria aj elektronické zabezpečovacie systémy EZS. Spojenie medzi EZS a KNX je výhodné pre obe strany. EZS môže predávať informácie o aktuálnych stavoch zabezpečenia časti domu, o poplachu spôsobeného narušením vonkajšieho plášťa domu a KNX môže poskytovať informácie o tom, kedy je potrebné zabezpečiť dom, upozorňovať na zabudnuté otvorené okná a dvere a pod.

Princíp činnosti EZS v navrhovanom rodinnom dome spočíva v správnom detekovaní narušenia chráneného priestoru a následnej signalizácii. Návrh zahŕňa ochranu priestorov v interiéri a plášťovú ochranu.

Základ zabezpečovacieho systému tvorí bezpečnostný terminál ABB MT/S 8.12.2M umiestnený v rozvádzači, ktorý je pripojený na zbernicu KNX. Na tento terminál sú pripojené všetky potrebné detektory ako detektory otvorenia okien/dverí, rozbitia skla, pohybu, detektory plynu, zaplavenia atď. poskytuje možnosť ochrany až ôsmich zón, ktoré sú ukončené EOL odporom o veľkosti 2,7 kΩ.

Ochranu interiéru zabezpečujú PIR detektory ABB IR/N, ktoré reagujú na pohyb osôb v chránenom priestore diódami citlivými na infračervené žiarenie vydávané ľudským telom. Sú umiestnené vo výške 2,4 m. Monitorovaný priestor je rozdelený na oblasti optickou šošovkou. Pokiaľ sa žiarenie v zóne zmení v krátkom časovom úseku, kontakt detektora sa otvorí a zóna bude považovaná za narušenú. Je potrebné dbať na správne umiestnenie kvôli tomu, že detektory tohto typu sú háklivé na priame slnečné žiarenie a iné zdroje tepla. Zámenou šošoviek je možné nastaviť požadované veľkosti monitorovaného priestoru.

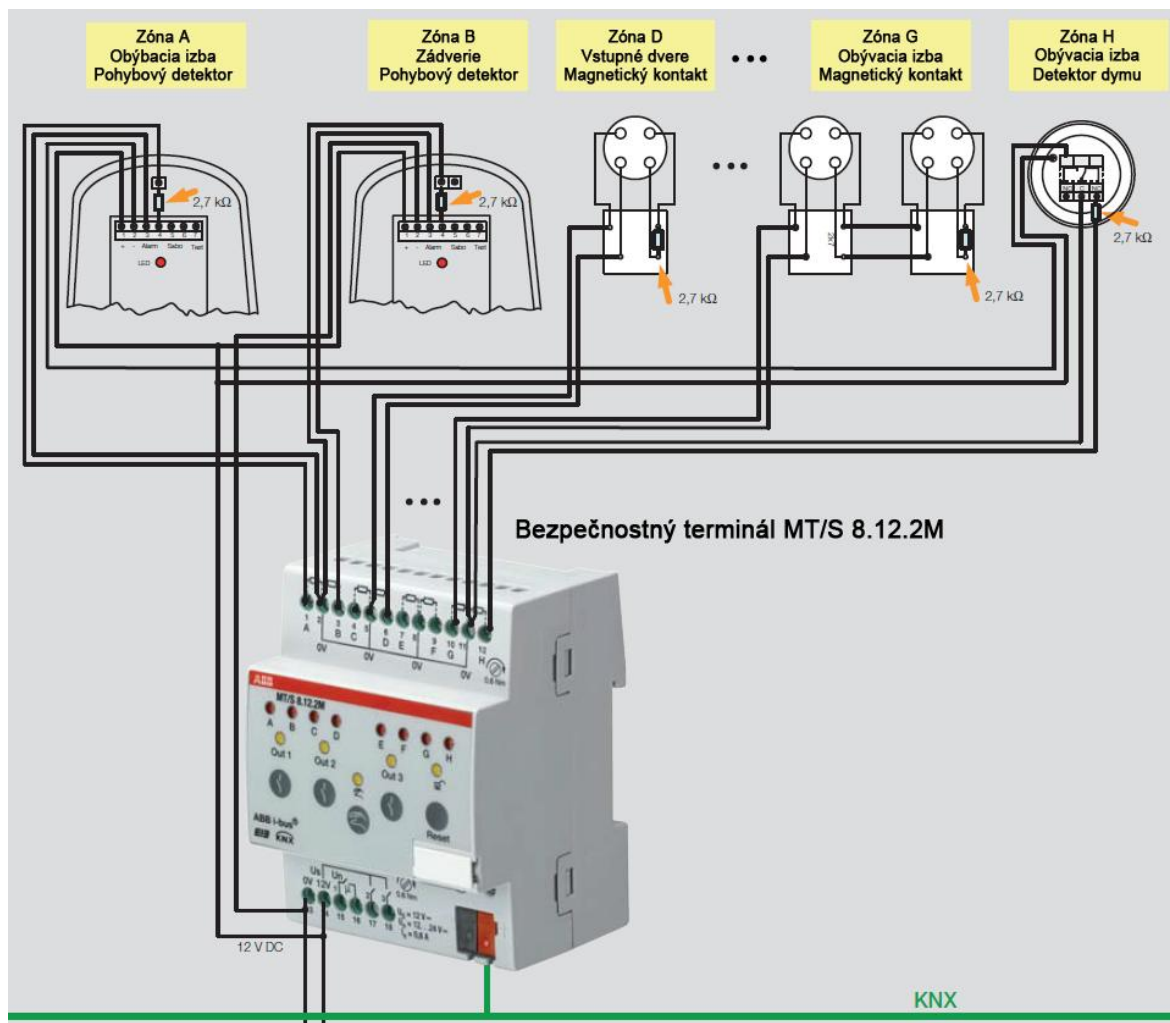
Ochranu plášťa navrhovaného rodinného domu tvoria:

- detektory rozbitia skla (inštalované len na prízemí)
- detektory otvorenia dverí/okien (inštalované na všetkých oknách a vonkajších dverách)

Detektory rozbitia skla ABB SPGS reagujú na vibrácie spôsobené rozbitím skla a preto musia byť nasmerované na okná, resp. sklenenú výplň dverí vo vzdialenosti maximálne 2 m.

Detektory otvorenia dverí/okien ABB MRS slúžia na zistenie, či sú okná, resp. dvere otvorené. To je výhodné najmä vtedy, ak užívateľ domu prepne scénický režim na „Dovolenka“ a odchádza z domu. Systém ho môže upozorniť na skutočnosť, že niektoré okná či dvere zostali otvorené a dovoliť mu prepnúť na daný režim až budú splnené všetky potrebné opatrenia na ochranu domu. Detektory sa skladajú z dvoch častí – magnet nachádzajúci sa na krídle okna či dverí a senzor umiestnený na ráme či zárubniach. Detekované je prerušenie magnetického poľa pri otvorení.

Pri pokusu o prienik do chráneného priestoru sa spustí okrem svetelnej signalizácie aj signalizácia akustická – sirénou. Jedna sa nachádza vonku, typ ABB SEVS/BG so stroboskopom a jedna vo vnútri na chodbe na prízemí ABB SSS.



Obr. 40. Pripojenie rôznych druhov detektorov na bezpečnostný terminál

8.6 Elektronická požiarne signalizácia

Účelom systému je čo najrýchlejšia detekcia požiaru a vyslanie signálov k vykonaniu príslušných opatrení. V tomto prípade bude osadenstvo domu informované akustickým signálom. Funkciu detekcie a signalizácie požiaru je možné zlúčiť do jedného systému.

Návrh počítá s dvomi typmi požiarne hlásičov:

- hlásič dymu ABB Busch-Rauchalarm
- hlásič teplôt ABB Busch-Wärmealarm

Každý hlásič je vhodný do iných druhov priestorov. Do obytných priestorov ako je obývacia izba, spálňa a pod. je vhodný hlásič dymu, ktorý rozpoznáva a signalizuje dúťnanie či otvorený oheň s vývinom dymu. Do kuchyne, či kúpeľne je vhodný teplotný

hlásič, ktorý spoľahlivo rozpozná horenie v priestoroch so zvýšenou prašnosťou a s výskytom pary. Oba hlásiče sú napájané lítiovou batériou so životnosťou minimálne 10 rokov. Ich pripojenie na zbernicu je realizované obdobne ako detektory EZS, tzn. cez bezpečnostný terminál MT/S.

8.7 Doplnkové bezpečnostné prvky

Informáciu o prípadnom úniku vody, a následnom zabránení škody na majetku, poskytne detektor zaplavenia ABB SWM4, ktorý obsahuje 4 elektródy zisťujúce prítomnosť vody. Uplatnenie nájde v niekoľkých miestnostiach:

- v kotolni - zásobníky vody
- v podschodí – rozdeľovač, prívod studenej vody do domu
- v kúpeľni na prízemí – práčka
- v technickej miestnosti – rozdeľovač
- v kúpeľni na poschodí – vaňa

Detektor sa sám zresetuje automaticky po vysušení elektród.

Ďalším prvkom zvyšujúcim bezpečnosť je domový videotelefón ABB Welcome 83121 umiestnený na vonkajšom oplotení pozemku. Obsahuje videokameru a audiomodul, ktoré prenášajú video/audio signály dovnútra domu do ovládacieho panelu, prostredníctvom ktorého sa dá kontrolovať vstup na pozemok cez vstupnú bránu obsahujúcu elektromagnetický zámok.

8.8 Ovládací panel

Spájať všetky prvky inteligentnej elektroinštalácie, vykurovacie systémy, zabezpečovať informačné a riadiace centrum bude 9“ dotykový LCD panel ABB ComfortPanel. Panel sa bude nachádzať na chodbe na prízemí, kde je k nemu najlepší prístup z celého domu.

Panel je vybavený funkciou prvého dotyku - pri vstupe do priestoru sa dá prvým dotykem na tomto paneli aktivovať napr. osvetlenie. Potom je už možné celkom jednoducho vyhľadávať požadované činnosti a funkcie.



Obr. 41. ComfortPanel – úvodná obrazovka

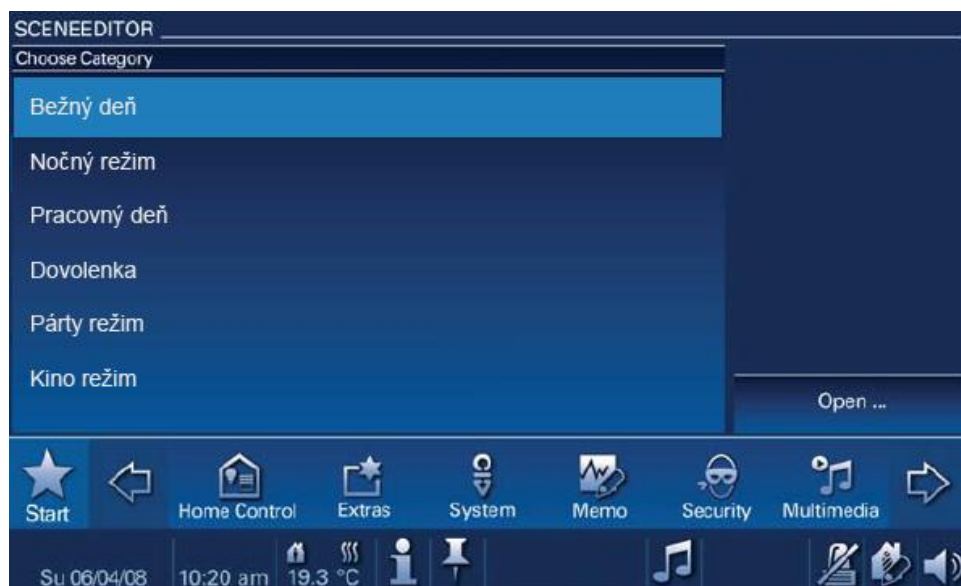
Základné nastavenie panelu s navigáciou na stavovej lište ponúka možnosť zobrazenia dátumu a času, riadiť vnútornú teplotu, zobrazit' informačnú stránku, nastaviť prístup pre rôznych užívateľov a pre rôzne skupiny užívateľov, sledovať správy, ovládať multimedialne zariadenia, písať a sledovať poznámky a poplašné hlásenia a monitorovať rôzne funkcie.

Tento ovládací panel môže ovládať až 210 funkcií, ktoré je možné rozdeliť na ľubovoľný počet stránok. Je na ňom spustený aj tzv. SCADA softvér, ktorý prehľadne zobrazuje všetky parametre pripojených systémov v pôdorisných nákresoch domu alebo fotografických podkladoch jednotlivých miestností pre čo najlepšiu vizualizáciu a možnosť riadenia.













Obr. 42. ComfortPanel – stav zariadení na podkrovi

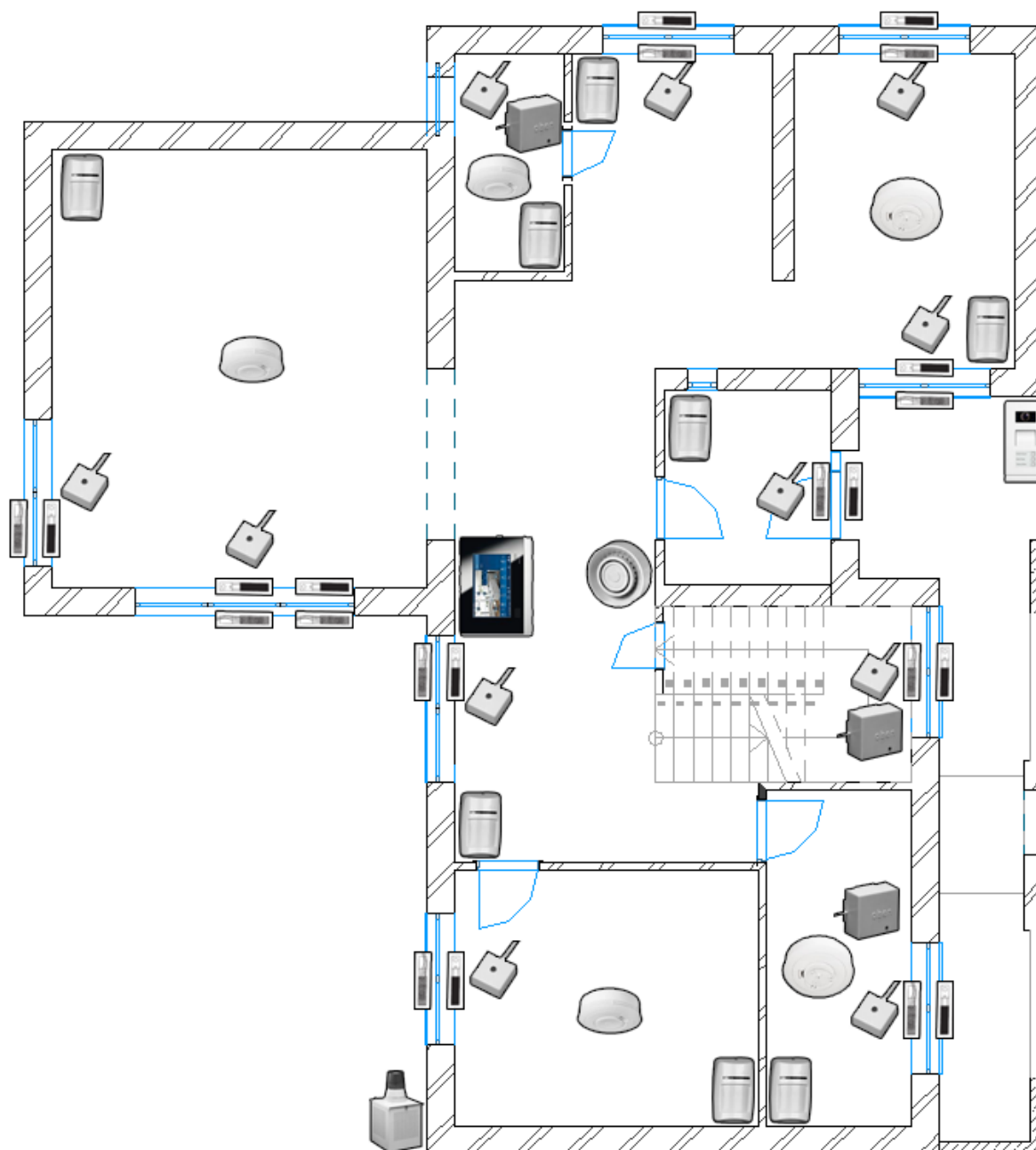
Pre programovanie SCADA systému je bezplatne dodávaný softvér IP Project, ktorý dovoľuje vytvárať virtuálne skupinové adresy, využiteľné napríklad pre časové programy, scény, programy pre neprítomnosť, logické väzby a pod. Inak sa zariadenie programuje rovnako ako všetky ostatné zariadenia ABB KNX, softvérom ETS. Na obrázku (Obr. 43) je zobrazený výber scénického režimu.



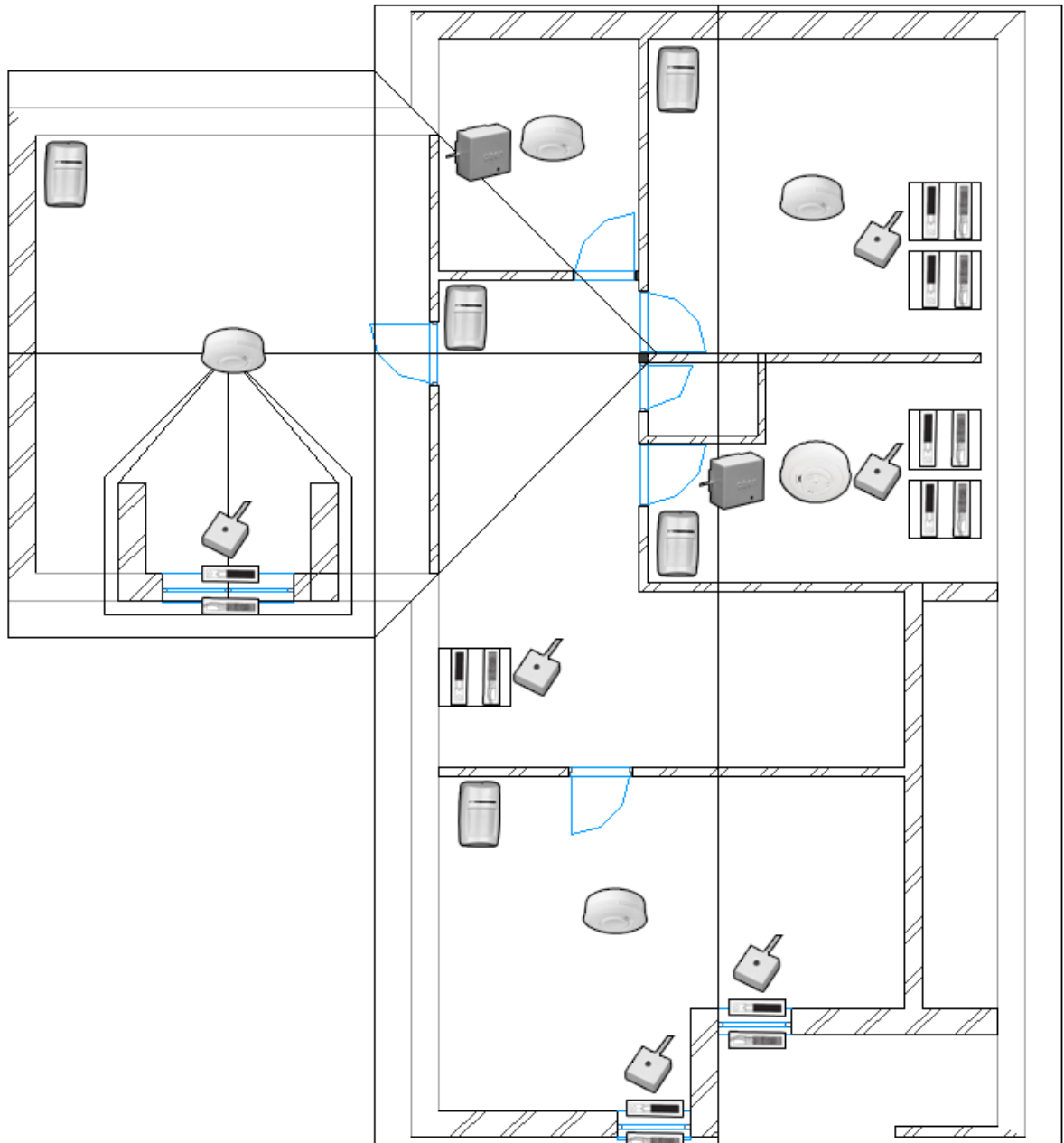
Obr. 43. ComfortPanel – výber scénického režimu

Legenda:

	ComfortPanel		Detektor rozbitia skla
	Detektor otvorenia okien/dverí		Vnútorná siréna
	PIR detektor		Detektor zaplavenia
	Hlásič dymu		Teplotný hlásič
	Vonkajšia siréna		Vonkajší videotelefón



Obr. 44. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS - prízemie



Obr. 45. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS - podkrovie

8.9 Ovládanie prostredníctvom PC a mobilného telefónu

Lokálne je možné prepojiť sieť ethernet so zbernicou KNX pomocou IP rozhrania IPS/S 2.1, ktoré na komunikáciu využíva protokol KNXnet/IP. Toto zariadenie umožňuje programovanie KNX prvkov pomocou softvéru ETS a slúži aj ako rozhranie pre diagnostiku a vizualizáciu na PC.

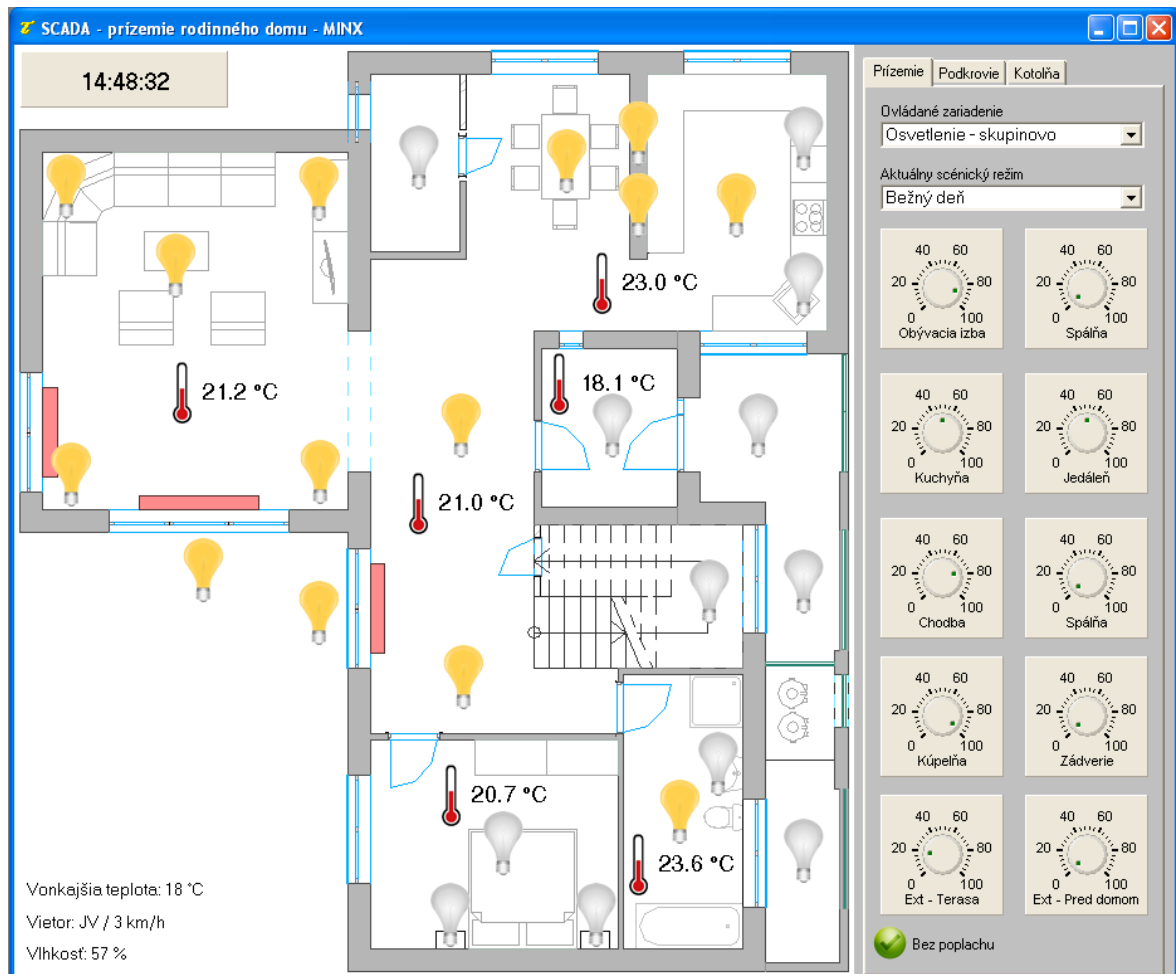
Bránou pre vzdialené ovládanie, monitorovanie a komunikáciu je ABB Telephone Gateway TG/S 3.1, pomocou ktorej je možné ovládať až 40 prvkov na zbernici. Integruje v sebe webový server pre správu systému použitím internetového prehliadača. Ďalej disponuje funkciami ako posielanie hlasových správ, textových správ vo forme SMS (užitočná funkcia pri ohlasovaní poruchy, požiaru, či vlámania signalizovaného bezpečnostným terminálom ABB MT/S), e-mailu a konfiguráciu prostredníctvom internetového prehliadača.

8.9.1 SCADA systém na PC a mobilných zariadeniach

Ako bolo už vyššie spomenuté, PC je pripojené na zbernicu cez IP rozhranie a môže s ostatnými zariadeniami plnohodnotne komunikovať. Možnosť ovládania týchto zariadení pripojených na zbernicu a vizualizáciu zabezpečí SCADA softvér s názvom Winlog Pro.

V inštalačnom balíčku je zahrnutý aj webový server, s ktorým je možné systém ovládať na diaľku prostredníctvom internetového prehliadača, tzn. bez nutnosti dodatočne inštalovať na vzdialenom PC iný, špeciálny, softvér. SCADA systém sa zobrazuje ako klasická webová aplikácia.

Na obrázku (Obr. 46) je pohľad na okno programu, kde je možné vidieť skupinové ovládanie svietidiel na prízemí so zobrazením podružných informácií ako je teplota v interiéri, resp. exteriéri a vonkajšie poveternostné podmienky. V tomto programe je možné ďalej sledovať a ovládať parametre zariadení na podkroví a takisto aj celú vykurovaciu sústavu umiestnenú v kotolni. Medzi týmito pohľadmi sa prepína pomocou záložiek – Prízemie, Podkrovie a Kotolňa. V každej záložke je možný výber zariadení, ktoré je potrebné ovládať a po vybraní sa v pôdoryse zobrazia ikony týchto zariadení, ktoré signalizujú ich stav (napr. rozsvietené/zhasnuté svetlo).



Obr. 46. SCADA vizualizácia na PC

Pomocou mobilných zariadení je takisto veľmi jednoduché pristupovať na SCADA systém. V prípade väčších mobilných zariadení, ako sú napríklad tablety, je možné zobrazovať plnohodnotný SCADA systém prostredníctvom internetového prehliadača obsiahnutom v mobilnom zariadení.

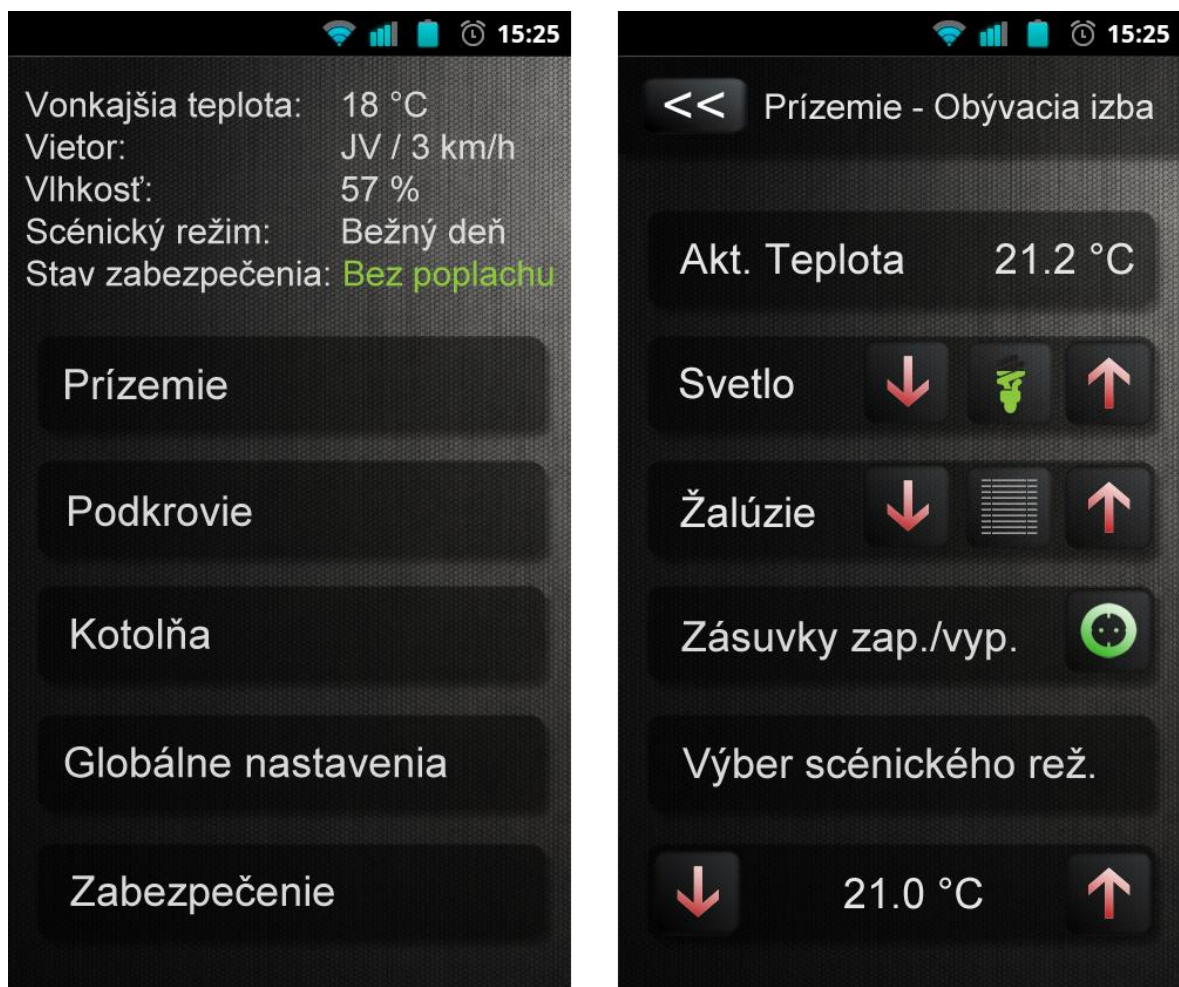
Vzhľadom na to, že mobilné telefóny sú tak isto ako osobné počítače postavené na rôznych operačných systémoch, sú dve cesty, ktorými je možné sa pri návrhu ovládania SCADA systému prostredníctvom mobilného telefónu vydať.

Jednou z ciest je vytvorenie aplikácie pre konkrétny typ mobilného operačného systému. Toto však nie je univerzálne riešenie a v budúcnosti (napr. pri výmene mobilného telefónu) by mohli nastať komplikácie s kompatibilitou.

Druhá možnosť je vytvoriť webovú aplikáciu vhodnú pre zobrazenie na mobilných telefónoch. To zaručí kompatibilné zobrazenie SCADA systému naprieč celým spektrom moderných internetových prehliadačov integrovaných v mobilných telefónoch. To

znamená, že do telefónu nebude potrebné inštalovať žiadny ovládací softvér a na SCADA systém sa bude pristupovať rovnako ako zo vzdialeného osobného počítača.

Tento návrh počíta s vytvorením aplikácie pre mobilný operačný systém Android a takisto aj s vytvorením webovej aplikácie pre mobilné telefóny, vďaka čomu bude ovládanie kompatibilné s veľkým počtom zariadení. Na obrázku (Obr. 47) je zobrazená ukážka SCADA systému pre mobilnú platformu Android.



Obr. 47. SCADA systém na mobilnom telefóne

8.10 Nadväznosť na manažment budov

Dátami zaznamenanými prostredníctvom PC je možné, okrem iného, aj ďalej podporiť zefektívnenie energetickej spotreby rodinného domu a to vytvorením špeciálneho softvéru z oblasti manažmentu budov so zameraním na rodinné domy. Tento program bude schopný štatisticky spracovávať vstupné údaje a následne z nich navrhovať opatrenia na zníženie spotreby.

Keďže inteligentnú elektroinštaláciu a vykurovací a chladiaci systém tvorí veľa aktívnych prvkov, je možné ich mať všetky pod dohľadom v jednej databáze a jednoduchšie dodržiavať agendu údržby.

V databáze je obsiahnutý názov zariadenia, umiestnenie, sériové číslo, dátum poslednej kontroly, dátum ďalšej kontroly, prípadne poznámky a elektronický manuál. Užitočná je funkcia ukladania názvu servisnej firmy spolu s telefónnym kontaktom pre prípad poruchy. Takto sa potom dá jednoducho vytvoriť agenda údržby, čo je veľmi užitočné pri zariadeniach EZS a EPS, pri ktorých by jej nedodržanie mohlo mať nepríjemné následky.

Vďaka „inteligentnému“ prepojeniu je možné zobrazovať agendu údržby v rámci SCADA systému a pri prípadnej potrebe údržby zariadenia toto zobraziť ako výstražnú správu.

9 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE

Maximalizovanie užívateľského komfortu a minimalizovanie prevádzkových nákladov ide ruka v ruke s vysokými investičnými nákladmi, ktoré sú spojené s použitím najmodernejších technológií. Návrh spočíval v čo najefektívnejšom využití finančných prostriedkov s dôrazom na čo najvyšší komfort obyvateľov rodinného domu.

9.1 Náklady na vykrytie tepelnej potreby

Celková energia potrebná pre vykurovanie a ohrev TUV bola počítaná pomocou kalkulátora na internetovej stránke <http://tzb-info.cz>. Výpočet je rozdelený na dve časti, z ktorých sa potom súčtom spočíta celková potrebná ročná energia Q_r .

$$Q_r = Q_{VYK,r} + Q_{TUV,r} [MWh/rok] \quad (57)$$

$Q_{VYK,r}$ - celková ročná energia potrebná na vykurovanie [MWh/rok]

$Q_{TUV,r}$ - celková ročná energia potrebná na prípravu teplej úžitkovej vody [MWh/rok]

Pre návrhové vnútorné a vonkajšie okrajové podmienky zodpovedajúce lokalite, kde sa rodinný dom nachádza:

- vonkajšia výpočtová teplota, $t_e = -11 \text{ °C}$
- dĺžka vykurovacieho obdobia $d = 211$ dní
- priemerná teplota počas vykurovacieho obdobia $t_{es} = 4 \text{ °C}$
- tepelná strata objektu $Q_c = 9,452 \text{ kW}$
- priemerná vnútorná výpočtová teplota $t_{is} = 20 \text{ °C}$

bude potreba celkovej ročnej energie, vrátane potreby energie na prípravu TUV pri potrebnom objeme 300 l/deň

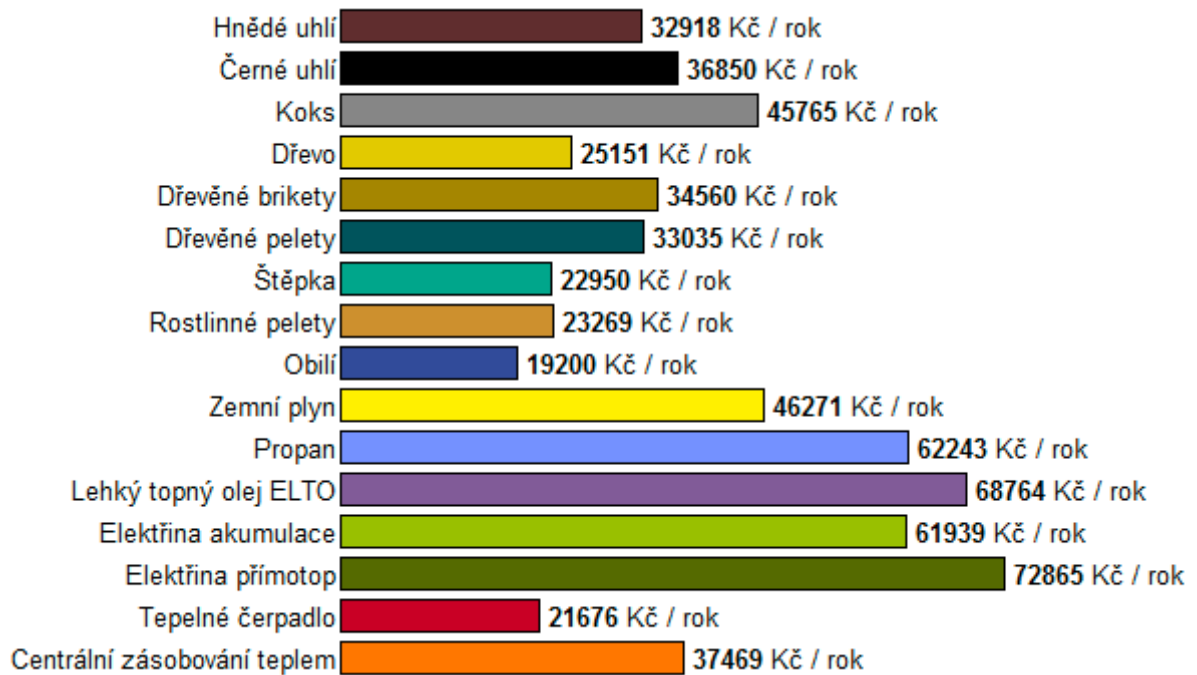
$$Q_r = 20,9 + 7,8 = 28,8 \text{ MWh/rok} = 103,6 \text{ GJ/rok} \quad (58)$$

Navrhnutými solárnymi kolektormi je možné túto celkovú potrebu energie znížiť o hodnotu minimálne 3,3 MWh/rok (hodnota deklarovaná výrobcom), čo vo výsledku znamená

$$Q_r = 25,5 \text{ MWh/rok} = 91,8 \text{ GJ/rok} \quad (59)$$

Ďalšou možnosťou, ako znížiť spotrebu energie na vykurovanie, je zníženie vnútornej teploty o 1°C. To v praxi znamená zníženie asi o 6 %.

Na obrázku (Obr. 48) sú zobrazené náklady na vykurovanie pri rôznych druhoch palív. Platnosť uvedených cien je od 1.1.2012 a sú uvedené vrátane DPH.



Obr. 48. Porovnanie nákladov na vykurovanie

Keďže o produkciu tepla sa v rodinnom dome stará primárne tepelné čerpadlo s priemerným vykurovacím faktorom 3,8, je možné povedať, že sa radí medzi najmenej finančne náročné zdroje tepla. Samozrejme, že časť energie je dodávaná plynovým kondenzačným kotlom, preto sú ceny len orientačné a náklady spojené s dodávkou tepla sa budú mierne líšiť. K tejto odchýlke môžu prispieť aj solárne kolektory, ktorých výkon sa zvýši za pekného slnečného počasia.

9.1.1 Náklady na zariadenia

Sú to tzv. investičné, jednorazové, náklady na zostavenie a sprevádzkovanie vykurovacieho systému, ktoré nezahŕňajú prevádzkové náklady a cenu za vykonanú prácu. Ceny jednotlivých zariadení vychádzajú z aktuálnych cenníkov predajcov ku dňu 15.5.2012.

Tab. 22. Náklady – tepelná sústava

Zariadenie	Cena [Kč]
Tepelné čerpadlo Buderus WPL 80 ARR	239 325,-
Plynový kondenzačný kotol Buderus GB 022	25 116,-
Regulácia vykurovania	42 723,-
Solárne kolektory Buderus SKS4.0, DBS 2.3	86 800,-
Akumulačné nádrže TV, SV	95 102,-
Podlahové kúrenie, rebríky	192 620,-
Čerpadlá, ventily	46 527,-
SPOLU	554 855,-

Vykurovanie tepelným čerpadlom nie je možné porovnávať s vykurovaním pomocou dreva, prípadne štiepky, ktoré sú približne na rovnakej cenovej úrovni. A to z dôvodu komfortu obsluhy a údržby, keďže tepelné čerpadlo je v podstate bezobslužné a bezúdržbové, čo sa o kotloch na tuhé palivá nedá povedať. Takisto kotly na tuhé palivá s automatickou prevádzkou sú cenovo vzdialené navrhovanému tepelnému čerpadlu.

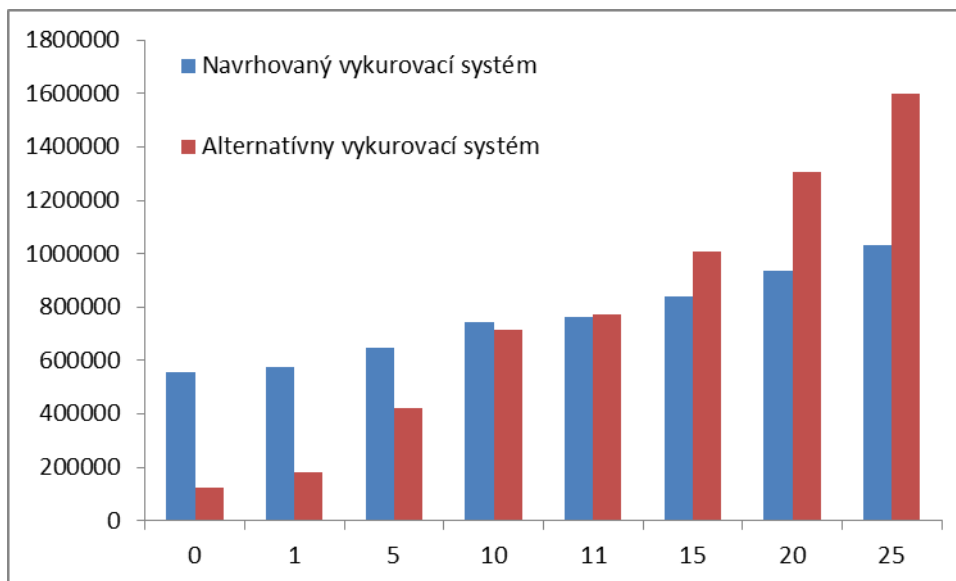
Porovnať sa dá jedine s kotlom na plyn, či elektrokotlom, ale to už sú cenové rozdiely ročných nákladov niekoľkonásobne väčšie.

Takisto použitím inteligentných prvkov v regulácii je možné ďalšie zníženie prevádzkových nákladov na vykurovanie okolo 15 % (deklarované výrobcom), čo v konečnom dôsledku bude znamenať cenu asi 19 000,- Kč/rok používaním tepelného čerpadla.

9.1.2 Alternatíva k navrhovanému systému

Pre porovnanie s jednoduchou vykurovacou sústavou pozostávajúcou z plynového kondenzačného kotla a radiátorov s termostatickými hlavícami je možné spraviť porovnanie vývoja nákladov v určitom časovom období (25 rokov). Cena takejto alternatívy je približne 125 000,- Kč a náklady spojené s potrebou energie sú asi 59 000,- Kč/rok.

Ako je vidieť na obrázku (Obr. 49), investícia do tepelného čerpadla a solárnych kolektorov sa začne vracat' už v jedenástom roku prevádzky. A to v prípade, že ceny plynu a elektriny zostanú na približne rovnakej úrovni ako v roku 2012 a na zariadeniach nevznikne žiadna porucha. Z ekonomického hľadiska je preto možné povedať, že vložené investície do alternatívnych zdrojov tepla sú efektívne.



Obr. 49. Vývoj nákladov navrhovaného a alternatívneho vykurovacieho systému

9.2 Náklady na inteligentnú elektroinštaláciu

Hodnotiť investíciu do inteligentnej elektroinštalácie nie je možné, a to z toho dôvodu, že je v dome umiestnená hlavne pre zvýšenie užívateľského komfortu obsluhy tepelných, svetelných a iných zariadení. Výrobca ABB síce deklaruje úspory až do 15 % na spotrebe elektrickej energie, ale táto hodnota závisí od individuálnych požiadaviek obyvateľov rodinného domu. V tabuľke (Tab. 23) sú uvedené ceny navrhnutých zariadení, avšak výsledná cena nezahŕňa náklady na prácu a spustenie inteligentného systému

Tab. 23. Náklady – inteligentná elektroinštalácia

Inteligentná elektroinštalácia	Cena [Kč]
Prvky KNX	223 275,-
EZS	149 513,-
EPS	30 750,-
SPOLU	403 538,-

Tieto zariadenia neprinášajú žiadny zisk, avšak už po jednej krízovej situácii (vlámanie, požiar) môže byť investícia splatená, keďže systémy EZS a EPS môžu prispieť k záchrane ľudských životov či majetku.

9.3 Technicko-ekonomické hodnotenie fotovoltaických panelov

Podľa účelu využitia je možné fotovoltaické systémy rozdeliť do dvoch skupín:

- grid off – použitie pri absencii elektrickej distribučnej siete. Systém sa skladá z fotovoltaických panelov, akumulátorov a regulátoru.
- grid on – pripojenie systému do distribučnej siete. Napájanie systémov v dome vyrobenou energiou a prípadná dodávka nevyužitej energie do distribučnej siete. Systém sa skladá z fotovoltaických panelov a striedača, ktorý transformuje jednosmerné napätie na striedavé.

Nasledujúce ekonomické hodnotenie bude uvažovať len s výrobou elektrickej energie a jej dodávkou do distribučnej siete.

9.3.1 Výkupné tarify

Vzhľadom na to, že stavba sa nachádza v Maďarsku, musí sa výkup elektriny riadiť miestnou legislatívou. Vykupovaná elektrická energia, generovaná zariadeniami využívajúcimi obnoviteľné zdroje energie, podlieha cenovej regulácii založenej na výkupných tarifikách. Doba uplatniteľnosti a najvyššie množstvo energie, ktorú je možné do distribučnej siete odovzdať je zakotvená vo vykonávacej vyhláške (§11 zákon č. 86 z roku 2007 v znení §29 zákona č. 29 z roku 2011) [28]. Výkupné ceny sú stanovené pevne a závisia od dennej doby.

Sú zavedené tri rôzne tarify v závislosti na dennej dobe (špička, stredný odber a nízky odber). Tieto doby sú stanovené zákonom a líšia sa pre víkendy, sviatky, leto a zimu (príloha 3 vyhlášky č. 389/2007) [28]. Tarify pre rok 2012 a s výkonom fotovoltaickej elektrárne menším ako 20 MW sú:

- čas špičky: 33,35 HUF za kWh (cca 2,89 Kč)
- stredný odber: 29,84 HUF za kWh (cca 2,58 Kč)
- nízky odber: 12,18 HUF za kWh (cca 1,05 Kč)

9.3.2 Náklady na fotovoltaický systém

Ak by napríklad fotovoltaický systém pozostával z 16 kusov panelov MY230-P o menovitom výkone 230 Wp (26 m²), ktorých obstarávacia cena, vrátane všetkých potrebných súčastí, činí 276 047,- Kč, tak ročný výnos sa spočíta podľa nasledovného vzťahu

$$V_V = E_A \cdot C_V \text{ [Kč]} \quad (60)$$

V_V – ročný výnos z vykúpenej elektrickej energie [Kč]

E_A – ročný energetický zisk [kWh]

C_V – výkupná tarifa [Kč]

Ročný energetický zisk (výpočet sa nachádza v prílohe P IV)

$$E_A = 3530 \text{ kWh} \quad (61)$$

Potom bude ročný výnos

$$V_V = 3530 \cdot 2,89 = 10202 \text{ Kč} \quad (62)$$

Doba návratnosti sa spočíta ako podiel ceny celého fotovoltaického systému a hodnoty ročného výnosu:

$$\frac{276047}{10202} = 27,06 \text{ rokov} \quad (63)$$

Ako je vidieť, doba návratnosti ďaleko prevyšuje životnosť fotovoltaických panelov deklarovanou výrobcom a tým pádom sa využitie fotovoltaických panelov v navrhovanom rodinnom dome dá pokladať ako neefektívne a nebude realizované. Ročný výnos počíta s maximálnou možnou výkupnou cenou (čas špičky), takže vo výsledku bude návratnosť ešte dlhšia.

9.4 Celkové technicko-ekonomické hodnotenie navrhovaných systémov

Investícia do vykurovacích systémov a inteligentnej elektroinštalácie presiahne čiastku jeden milión Kč, ktorá však nebude konečná vzhľadom na nezarátanie ceny práce, softvérového vybavenia a zaškolenia obsluhy. Je to však daň za neporovnateľne vyšší komfort bývania oproti klasickým rodinným domom bez inteligentných prvkov. Takisto je nutné podotknúť, že sa stále nejedná o technológiu, ktorá je určená pre masové rozšírenie do rodinných domov a jej cena je adekvátne.

Vzhľadom na veľmi nízke výkupné ceny elektrickej energie v Maďarsku, ktoré v budúcnosti budú asi ešte ďalej klesať, je použitie fotovoltaických panelov irelevantné a to aj pri možnosti, že by boli uvažované bez pripojenia na distribučnú sieť, tzn. len pre vlastnú spotrebu.

ZÁVER

Výsledkom tejto práce je návrh integrovaných systémov rodinného domu, ktorý sa odvíjal od existujúceho stavebného projektu. Rodinný dom v sebe integruje najmodernejšie technológie využívajúce obnoviteľné zdroje energie. Návrh bol zameraný na čo najvyšší možný komfort bývania pri zachovaní čo najnižších prevádzkových nákladov.

Prácu tvoria dve hlavné časti a to teoretická časť a rozsiahlejšia praktická časť.

Teoretická časť pojednáva o predpokladoch, ktoré by mala budova splňať. To sa týka hlavne architektonicko-stavebného návrhu, tvorby vnútornej mikroklimy a použitých technológií na docielenie požadovaného stavu vnútorného prostredia. Spomenuté a opísané sú aj princípy činnosti v tejto dobe najrozšírejších zariadení, ktoré sa využívajú ako zdroje obnoviteľnej energie. Teoretický rozbor sa dotýka aj riadiacej časti domu, v ktorom je popísaná funkcia a princíp činnosti inteligentnej elektroinštalácie a komunikácie medzi jednotlivými zariadeniami zaradenými v systéme.

Základ praktickej časti tvorí prvá kapitola, ktorá sa venuje výpočtu tepelných strát rodinného domu v zimnom a letnom období, od ktorej sa následne odvíja výber vhodného systému vykurovania, chladenia a riadenia. Vykurovanie a ohrev teplej vody je postavené na tepelnom čerpadle, ktorému sekunduje v prípade bivalentnej prevádzky plynový kondenzačný kotol a v prípade pekného počasia systém solárnych kolektorov. Chladenie je, rovnako ako vykurovanie, umožnené tepelným čerpadlom, ktoré má možnosť reverzácie. Do tejto kapitoly spadá aj popis funkcie regulácie vykurovacích a chladiacich systémov, ktoré sú riadené jediným regulátorom.

Ďalšou časťou je návrh silnoprúdových rozvodov, medzi ktoré sa radia svetelné a zásuvkové obvody a návrh rozvádzača. Na to nadväzuje návrh inteligentnej elektroinštalácie, ktorá okrem iného aj rozširuje funkcionality týchto silnoprúdových rozvodov.

Medzi navrhnuté inteligentné prvky patrí napríklad inteligentné osvetlenie umožňujúce automatickú reguláciu v závislosti na výskytu osôb v miestnosti a svetla dopadajúceho z vonkajšieho prostredia, ktorá môže ušetriť nemalé finančné prostriedky. Ďalšou navrhnutou súčasťou inteligentných zariadení sú systémy na ochranu ľudí a majetku, ktorú tvoria pohybové detektory, detektory rozbitia skla, otvorenia dverí a okien, detektory zaplavenia, dymu a pod. Veľkým pomocníkom pri zabezpečení domu

proti vniknutiu cudzích osôb sú bezpečnostné žalúzie ovládané prvkami inteligentnej elektroinštalácie, ktoré zároveň slúžia aj ako regulátor množstva dopadajúceho slnečného žiarenia do domu cez presklené plochy pre minimalizáciu tepelných ziskov v letnom období.

Všetky tieto inteligentné a samostatné prvky sú ovládané z niekoľkých možných miest. A to hlavne z dotykového displeja, ktorým je možné do detailu ovládať jednotlivé zariadenia. Ďalej je možné systém riadiť a monitorovať vzdialene prostredníctvom mobilného telefónu, či prostredníctvom osobného počítača.

Celkovému ekonomicko-technickému hodnoteniu návrhu, z ktorého vyplynulo, že investície vložené do systémov tvorby vnútornej mikroklímy majú rozumnú návratnosť, čo sa však už o aplikácii fotovoltaických panelov povedať nedá, je venovaný záver praktickej časti.

ZÁVER V ANGLIČTINE

The result of this thesis is a design of integrated systems in family house, and this design is based on existing architectural project. Family house integrates the latest technologies which use renewable energy sources. This design was made to achieve the highest possible comfort of living maintaining the price of operational costs on the lowest possible level.

Thesis consists of two main parts. Of a theoretical part and a practical part.

Theoretical part discusses the assumptions which the building should meet. This applies especially on architectural-construction design, on internal microclimate and on technologies used to achieve the desired state of the internal environment. There is a description of working principles of the most common devices used as a source of renewable energy. Theoretical analysis also relates to the control of the house, and it describes the function and working principle of intelligent wiring and also describes communication between the devices included in the system.

Practical part of the thesis is based on the first chapter, which deals with heat losses calculation of the house in winter and summer time. This helps in selection of appropriate heating, cooling and control system. Heating and hot water preparation is performed by a heat pump to which assists a gas condensing boiler in bivalent service. In case of a nice weather, heating is supported by solar collectors. Cooling is also performed by heat pump, with its possibility of reversing. This chapter also covers description of heating and cooling regulation where the systems are controlled by single controller.

Next part is about designing the high voltage wiring, which is divided into lightning and socket circuits and a cabinet design. It is followed by the smart wiring design that extends the high voltage circuits functionality.

Intelligent light system, as a part of intelligent units, can be automatically regulated, depending on the presence of people in the room and the incoming sunlight can significantly reduce the operational costs. Another part of intelligent units are systems to protect people and property, consisting of motion, glass break detector, door and window opening detectors, flood and smoke detectors etc. Very helpful in securing the house against ingress of foreign subjects are safety shutters, controlled by intelligent wiring units,

which also tend as a regulator of the amount of incoming sunlight into the house through the glass surfaces to minimize heat gain in summer time.

All of these intelligent and independent units are controlled by from a number of places. Especially by the touch screen used to controll every single unit in detail. It is possible to controll and monitor the system remotely, using cellphone or a personal computer.

Last chapter of practical part is dedicated to overall economic and technical evaluation. Investments in devices that use renewable energy sources, besides photovoltaic panels, have a reasonable payback time.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [2] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.
- [3] DANIELS, Klaus a Tomáš SUCHÁNEK. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-889-0563-X.
- [4] JELÍNEK, Vladimír a Tomáš SUCHÁNEK. Technická zařízení budov: podklady pro projekty : určeno pro stud. fak. stavební. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 29 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-010-0586-0.
- [5] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 978-802-4723-679.
- [6] ZÁLEŠÁK, Martin. Vnitřní prostředí. Zlín, 2011.
- [7] Obnovitelný zdroj energie. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://sk.wikipedia.org/wiki/Obnovite%C4%BEn%C3%BD_zdroj_energie
- [8] Nízkoenergetické domy a ich výhody. Energia: Komplexne a vecne [online]. 16.8.2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.energia.sk/otazka/energeticka-efektivnost/nizkoenergeticke-domy-a-ich-vyhody/4141/>
- [9] Energeticky pasívny dom. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://sk.wikipedia.org/wiki/Pas%C3%ADvny_dom
- [10] ASOCIACE KNX. Systémová technika budov. 2009.

- [11] VIEGA GMBH & CO. KG. Aplikační technika: Skupina III: plošné temperování Fonterra. 2. vydání. Attendorn, 2011.
- [12] UNIVENTA S.R.O. Stropné chladienie. Dolný Kubín, 2011. Dostupné z: http://www.univenta.sk/dwn/stropne_chladienie.pdf
- [13] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Logasol. Bratislava, 2010.
- [14] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Podklady pre projektovanie a inštaláciu tepelných čerpadiel. Bratislava, 2007.
- [15] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Logatherm WPL. Bratislava, 2010.
- [16] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Kúrenie a chladienie s tepelnými čerpadlami - informácie o výrobkoch, koncepcia regulácie a hydraulické zapojenie. Bratislava, 2005.
- [17] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Modulový regulačný systém Logamatic 4000 - regulátory a rozšírenia funkcií. Bratislava, 2008.
- [18] BUDERUS. Podklady pre projektovanie: Plynové kondenzačné kotle. Bratislava, 2002.
- [19] MINIB. Coil - T60. Praha, 2008. Dostupné z: <http://www.minib.com/cs/fan-coil-konvektory/podlahove-konvektory-s-ventilatorem/coil-t60>
- [20] E-filip.sk. Energetická certifikácia budov [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: www.e-filip.sk/default.aspx?contentID=4516
- [21] ZÁLEŠÁK, Martin. Integrované systémy řízení v budovách. Zlín, 2011.
- [22] Nazeleno.cz: Chtré řešení pro každého. Nulové domy [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/nulove-domy.dic>
- [23] Tzbportal.sk: technické zariadenia budov. VILČEKOVÁ, Silvia a Eva KRÍDLOVÁ BURDOVÁ. Hygienické kritériá a odporúčané hodnoty pre navrhovanie systémov techniky prostredia budov [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.tzbportal.sk/sprava-budov/hygienicke-kriteria-odporucane-hodnoty-pre-navrhovanie-systemov-techniky-prostredia>
- [24] SLOVENSKÝ ZVÄZ PRE CHLADIACU A KLIMATIZAČNÚ TECHNIKU. Certifikácia inštalatérov tepelných čerpadiel v rámci EÚ. Prvé vydanie. Rovinka, 2006.

- [25] TZB-Info. CENTRUM ENERGETICKÉHO PORADENSTVÍ PRE. Solární ohřev vody [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody>
- [26] ASB: Architektúra, stavebníctvo, biznis. Teplovodné slnečné kolektory [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.asb.sk/tzb/solarne-kolektory/teplovodne-slnečne-kolektory-4604.html>
- [27] Inteligentní systémy budov. KNX obecně [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.inteligentnisystemybudov.cz/knx.html>
- [28] Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety: Legal sources on renewable energy. Feed-in tariff (Act No. LXXXVI of 2007) [online]. 2007, 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://res-legal.de/en/search-for-countries/hungary/single/land/ungarn/instrument/price-regulation-5/ueberblick/foerderung.html?bmu%5BlastShow%5D=5&cHash=10b473c046e9b2513585ef20757b878f>
- [29] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [30] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [31] ČSN 06 0830. Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [32] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [33] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody: Navrhování a projektování. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [34] ČSN EN 12828. Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodných tepelných soustav. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [35] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

- [36] Fotovoltaika.sk. Základné princípy výroby elektriny zo slnečnej energie [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaika.sk/index.php/co-je-to-fotovoltaika>
- [37] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [38] ZÁLEŠÁK, Martin. Silnoproudé systémy. Zlín, 2011.
- [39] ČSN 33 2130 ED.2. Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [40] ČSN 33 2000-7-701. Elektrická instalace budov: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Prostory s vanou nebo sprchou. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [41] ČSN 33 2000-4-46. Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení: Bezpečnost - Odpojování a spínání. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2002.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

AC	Alternating Current.
AM	Aplikačný modul.
AP	Aplikačný program.
BCU	Bus Connection unit.
COP	Coefficient Of Performance.
DBS	Drain Back System.
DC	Direct Current.
DN	Diameter Nominal.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.
ECB	Energetická certifikácia budov.
EIB	European Installation Bus.
EPS	Elektronická požiarne signalizácia.
ER	Elektromerový rozvádzač.
ETS	Engineering Tool Software.
EZS	Elektronický zabezpečovací systém.
IP	Internet Protocol.
KNX	Konnex.
LCD	Liquid Crystal Display.
NZ	Napájací zdroj.
OS	Oblasťná spojka.
OZE	Obnoviteľné zdroje energie.
PC	Personal Computer.
PEI	Physical External Interface.
PIR	Passive Infrared.

PL	Power Line.
PMV	Predicted Mean Vote.
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied.
RAM	Random Access Memory.
RCD	Residual Current Device.
RD	Rodinný dom.
RF	Radio Frequency.
ROM	Read-Only Memory.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SELV	Safety Extra-Low Voltage.
SMI	Smart Motor Interface.
SR	Slovenská republika.
TP	Twisted Pair.
TÚV	Teplá úžitková voda.
UV	Ultraviolet.

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Vplyv tvaru objektu s rovnakým objemom na tepelné straty	15
Obr. 2. Energetický certifikát budovy	18
Obr. 3. Oblasť tepelnej pohody.....	22
Obr. 4. Závislosť PMV a PPD	24
Obr. 5. Energetická bilancia	32
Obr. 6. Funkcia tepelného čerpadla soľanka - voda	34
Obr. 7. COP ako funkcia teplotného rozdielu.....	36
Obr. 8. Energia zo solárnych kolektorov vo vzťahu k ročnej spotrebe na ohrev TÚV	38
Obr. 9. Energia zo sol. kol. vo vzťahu k ročnej spotrebe na ohrev TÚV a vykurovanie.....	39
Obr. 10. Intenzita slnečného žiarenia na území Slovenskej republiky	42
Obr. 11. Prístroj na zbernici.....	46
Obr. 12. Topológia - línia	47
Obr. 13. Topológia – niekoľko oblastí.....	48
Obr. 14. Individuálna adresa.....	48
Obr. 15. Telegram - všeobecne	50
Obr. 16. Telegram - štruktúra	51
Obr. 17. Pôdoris navrhovaného rodinného domu – prízemie	55
Obr. 18. Pôdoris navrhovaného rodinného domu – podkrovie.....	56
Obr. 19. Zóna kondenzácie vodných pár	58
Obr. 20. Energetický štítok obálky navrhovaného RD	66
Obr. 21. Charakteristika tepelného čerpadla.....	69
Obr. 22. Termosifónový kombinovaný zásobník Logalux PL750/2S	71
Obr. 23. Konštrukcia plochého kolektora Logasol SKS4.0.....	73
Obr. 24. Schéma hydraulického zapojenia v zimnom období	75
Obr. 25. Schéma hydraulického zapojenia v letnom období	76
Obr. 26. Systém s trúbkami uloženými v mazanine	86
Obr. 27. Rozdiel teplôt teplotnosnej látky	87
Obr. 28. Diagram tlakovej straty PE-Xc 20x2,0mm.....	89
Obr. 29. Tlakové straty rozdeľovača CI 533	89
Obr. 30. Vykurovacie systémy – prízemie	98
Obr. 31. Vykurovacie systémy – podkrovie	99
Obr. 32. Sústava TN-S	101

Obr. 33. Rozmiestnenie zón v kúpeľni	104
Obr. 34. Umývací priestor s umývadlom.....	104
Obr. 35. Zásuvky a osvetlenie - prízemie	105
Obr. 36. Zásuvky a osvetlenie - podkrovie	106
Obr. 37. Schéma rozvádzača R1	107
Obr. 38. Regulácia intenzity osvetlenia	109
Obr. 39. Ovládanie žalúzií	111
Obr. 40. Pripojenie rôznych druhov detektorov na bezpečnostný terminál.....	114
Obr. 41. ComfortPanel – úvodná obrazovka	116
Obr. 42. ComfortPanel – stav zariadení na podkroví	117
Obr. 43. ComfortPanel – výber scénického režimu.....	117
Obr. 44. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS - prízemie	118
Obr. 45. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS - podkrovie.....	119
Obr. 46. SCADA vizualizácia na PC	121
Obr. 47. SCADA systém na mobilnom telefóne	122
Obr. 48. Porovnanie nákladov na vykurovanie.....	125
Obr. 49. Vývoj nákladov navrhovaného a alternatívneho vykurovacieho systému	127

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti.....	13
Tab. 2. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti - pokračovanie.....	14
Tab. 3. Optimálne podmienky pre obytné priestory	19
Tab. 4. Závislosť koeficientu A na rýchlosti prúdenia vzduchu.....	21
Tab. 5. Tepelný pocit človeka.....	23
Tab. 6. Limitné hodnoty chemických látok a tuhých častíc vo vnútornom vzduchu	24
Tab. 7. Stredné kmitočty oktávových pásiem a hodnoty korekčnej krivky A zvukomeru	28
Tab. 8. Okrajové podmienky výpočtu	55
Tab. 9. Popis miestností.....	57
Tab. 10. Hodnoty súčiniteľa prestupu tepla konštrukcií.....	60
Tab. 11. Tepelné straty do vonkajšieho prostredia	62
Tab. 12. Tepelné straty vetraním	64
Tab. 13. Celkové tepelné straty	65
Tab. 14. Dimenzie potrubia a čerpadiel.....	80
Tab. 15. Otvárací pretlak poistných ventilov.....	83
Tab. 16. Objem expanzných nádrží	85
Tab. 17. Výkon konvektora dĺžky 1500mm	93
Tab. 18. Výkon konvektora dĺžky 2000mm	93
Tab. 19. Okruhy rozdeľovača na prízemí	96
Tab. 20. Okruhy rozdeľovača na prízemí – pokračovanie.....	96
Tab. 21. Okruhy rozdeľovača na podkroví	96
Tab. 22. Náklady – tepelná sústava	126
Tab. 23. Náklady – inteligentná elektroinštalácia.....	127

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I: Skladba konštrukcií a ich prestupy tepla

Príloha P II: Základné hodnoty korekčného súčiniteľa ΔU_{tb}

Príloha P III: Tepelná záťaž

Príloha P IV: Množstvo energie získané z fotovoltaiických panelov

PRÍLOHA P I: SKLADBA KONŠTRUKCIÍ A ICH PRESTUPY TEPLA

Obvodová stena, hrúbka 375 mm	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Ytong P2-400	375	0,099
EPS	100	0,034
Silikátová omietka	15	0,7
$U_k = 0,14$ W/(m².K)		

Vnútoraná nosná stena, hrúbka 300 mm	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Ytong P2-400	300	0,099
Vápenocementová omietka	10	0,99
$U_k = 0,37$ W/(m².K)		

Vnútoraná nosná stena, hrúbka 250 mm	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Ytong P2-400	250	0,099
Vápenocementová omietka	10	0,99
$U_k = 0,44$ W/(m².K)		

Vnútoraná deliaca stena, hrúbka 125 mm	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Ytong P2-500	125	0,122
Vápenocementová omietka	10	0,99
$U_k = 0,98$ W/(m².K)		

Vnútoraná deliaca stena, hrúbka 100 mm	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Ytong P2-500	100	0,122
Vápenocementová omietka	10	0,99
$U_k = 1,17$ W/(m².K)		

Podlaha v styku so zeminou	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Zhutnený štrk	200	0,65
Betón + železná výstuž	150	1,58
Asfaltové pásy	3,5	0,21
EPS	100	0,034
Betón + železná výstuž	80	1,58
Keramická dlažba	15	1,01
$U_k = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Strop	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Vápenocementová omietka	10	0,99
Miako porotherm	230	0,28
Betón	50	1,3
EPS	50	0,034
Betón + železná výstuž	60	1,58
Keramická dlažba	15	1,01
$U_k = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Strecha	d [mm]	λ [W/(m.K)]
Sádrokartón	12	0,22
Parozábrana	1	0,03
Minerálna vlna	320	0,039
Vodonepriepustná izolácia	1	0,16
$U_k = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

**PRÍLOHA PII: ZÁKLADNÉ HODNOTY KOREKČNÉHO
SÚČiniteľu ΔU_{TB}**

Počet prienikov stropných konštrukcií	Počet prienikov stien	ΔU_{tb} pre zvislé stavebné časti W/(m ² .K)	
		Objem priestoru $\leq 100 \text{ m}^3$	Objem priestoru $> 100 \text{ m}^3$
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,2	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,30
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25

Stavebná časť		ΔU_{tb} pre vodorovné stavebné časti W/(m ² .K)
Ľahká stropná/podlažná konštrukcia (napr. drevená, kovová)		0
Ťažká stropná/podlahová konštrukcia (napr. betónová)	Počet strán v kontakte s vonkajším prostredím	1
	2	0,05
	3	0,10
	4	0,15
		0,20

Plocha stavebnej časti	ΔU_{tb} pre otvorové výplne W/(m ² .K)
0 až 2	0,50
> 2 až 4	0,40
> 4 až 9	0,30
> 9 až 20	0,20
> 20	0,10

PRÍLOHA P III: TEPELNÁ ZÁŤAŽ

Objekt	Hodiny																					
Mesiac	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
1	658	776	1055	1115	1598	1881	2010	1835	2256	2384	2696	1922	1431	943	901	778	656					
2	1023	1206	1640	1733	2484	2926	3126	2853	3508	3707	4193	2988	2225	1467	1401	1210	1021					
3	1392	1641	2231	2358	3379	3979	4252	3881	4771	5042	5137	3970	2956	1949	1862	1608	1356					
4	2766	3180	3541	3568	4053	4661	4899	4559	4999	5810	6221	5349	3983	2626	2509	2167	1827					
5	4162	4545	4808	4764	4876	5375	5586	5266	5539	6826	7532	5969	4444	2930	2799	2418	2039					
6	4253	4560	4783	4742	4737	5134	5324	5038	5324	6555	7086	6519	4854	3200	3057	2641	2227					
7	4449	4790	5042	5021	5146	5607	5811	5514	5822	6907	7353	6623	4758	3660	3497	3020	2547					
8	4640	5054	5418	5443	5928	6535	6774	6434	6874	7685	8094	6965	4682	4290	4098	3540	2986					
9	3075	3138	3605	3780	4686	5318	5590	5240	5982	6080	5802	4689	4089	3746	3579	3091	2607					
10	1321	1318	1604	1954	3362	4083	4420	4174	4882	4254	4172	3981	3471	3180	3038	2624	2213					
11	1142	1139	1386	1689	2906	3529	3820	3607	4219	3677	3613	2912	2539	2326	2223	1920	1619					
12	798	744	1044	1272	2189	2658	2877	2717	3178	2770	1932	1318	1149	1053	1006	869	733					

PRÍLOHA P IV: MNOŽSTVO ENERGIE ZÍSKANÉ Z FOTOVOLTAICKÝCH PANELOV

Výpočet bol realizovaný kalkulátorom publikovaným Európskou komisiou – PVGIS (PhotoVoltaic Geographical Information System) pre presnú lokalitu, kde sa navrhovaný rodinný dom nachádza, uvažujúc vo výpočte parametre natočenia a sklon strechy).

Výsledok:

- Nominálny výkon fotovoltaického systému: 3,7 kW (polykryštalické kremíkové články)
- Predpokladané straty vplyvom teploty: 13,1%
- Predpokladané straty vplyvom účinkov uhlovej odrazivosti: 2,8%
- Iné straty (vodičmi, striedačom a pod.): 14,0%
- Celkové straty fotovoltaického systému: 27,4%

Mesiac	E_d	E_m	H_d	H_m
Január	4,46	138	1,48	46
Február	6,83	191	2,36	66
Marec	9,63	298	3,48	108
Apríl	12,4	372	4,67	140
Máj	13,2	411	5,12	159
Jún	13,5	406	5,29	159
Júl	14,2	440	5,57	173
August	13,1	406	5,13	159
September	11,7	351	4,46	134
Október	8,85	274	3,24	100
November	4,87	146	1,69	50,6
December	3,21	99,4	1,07	33,2
SPOLU ZA ROK	3530		1330	

E_d – Priemerná denná produkcia elektriny [kWh]

E_m – Priemerná mesačná produkcia elektriny [kWh]

H_d – Priemerné denné množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia [kWh/m²]

H_m – Priemerné mesačné množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia [kWh/m²]

Grafy priemernej produkcie elektrickej energie za mesiac a priemerného mesačného množstva dopadajúceho slnečného žiarenia na 1 m² plochy:

